ISSN 0760-6354
17 F
N° 16
Mars 85

Micro et Robots

LE MAGAZINE DE LA MACHINE INTELLIGENTE

ROBOTS SYSTEMES

LES SYSTEMES EXPERTS

CONCOURS
TOUS LES RESULTATS

LANGAGES
LE FORTH
UN INTERPRETEUR
LISP EN PASCAL

TESTS
HERO JR
INFLUX UCA 6

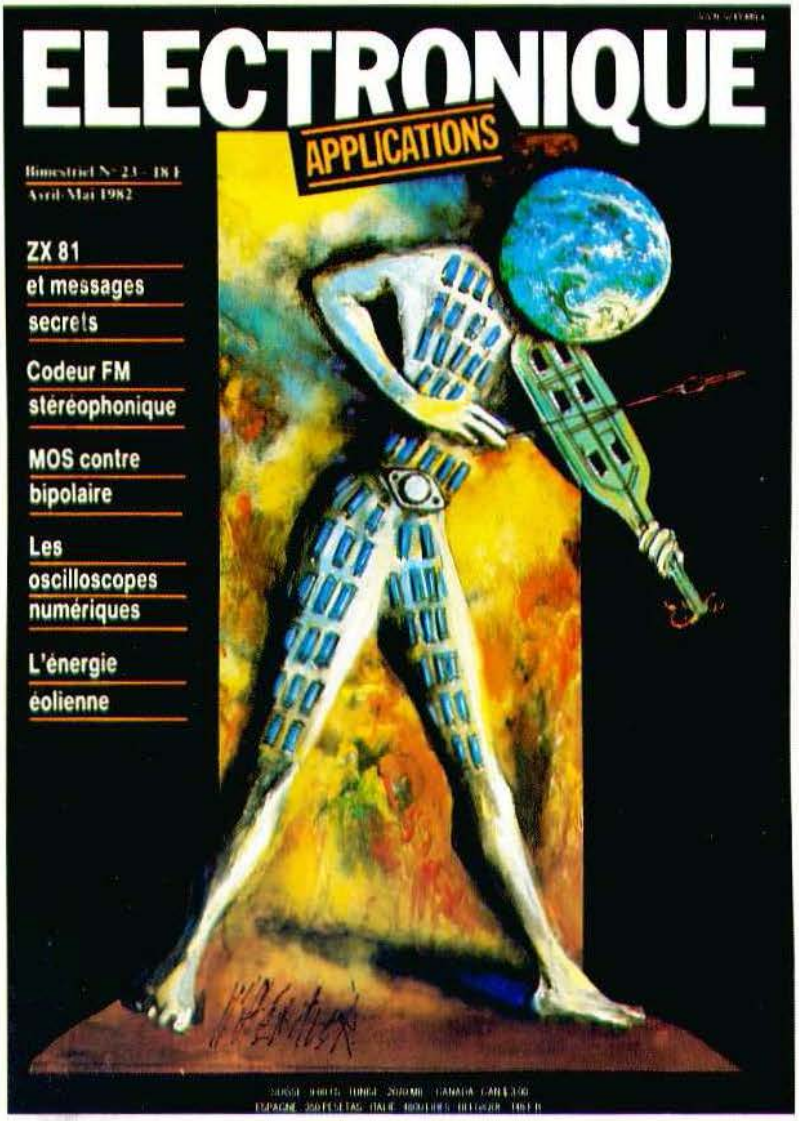
REALISATIONS
UNE MICROCAMERA
UN MICRO POUR VOS ROBOTS

Belgique : 123 F.B.
Suisse : 5,60 F.S.
Canada : 2,25 $

T2351-16-17,00 F

AMATEURS DE CIRCUITS INTÉGRÉS, VOICI VOTRE

« MARCHÉ AUX PUCES »



140 pages d'idées et d'applications réalistes
pour tous les techniciens de l'électronique

Bimestriel – **25 F** – Chez votre marchand de journaux

EDITORIAL

Les robots ont-ils bonne presse ?

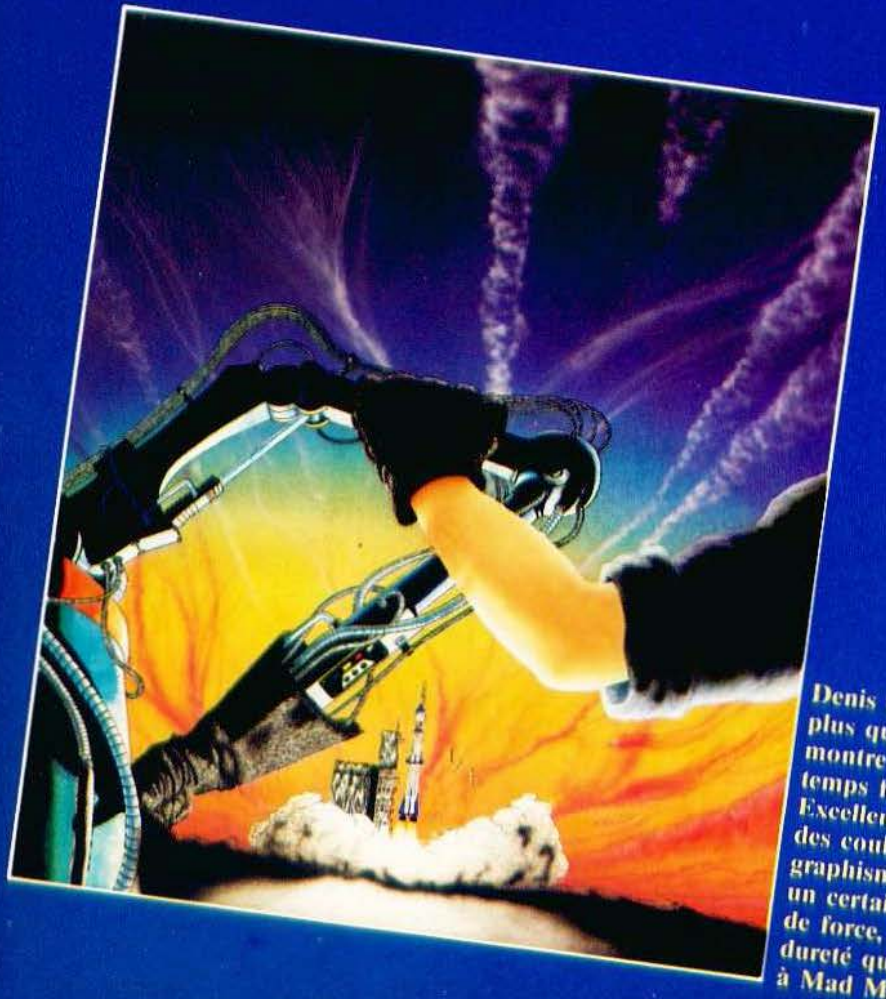
En 83 naissait *Micro et Robots* sur l'idée qu'un large public était mûr pour s'intéresser de près à certaines formes d'une robotique non industrielle, à des prolongements logiques d'une micro-informatique de loisir agissant sur un environnement physique très général. Et cet espoir conforté par l'émergence des premiers robots personnels produits Outre-Atlantique, n'a pas été déçu : les lecteurs étaient au rendez-vous, trouvant en cette modeste revue le support concret qui permettait enfin de canaliser des passions qui parfois nous étonnèrent. Passions pour une robotique pleine de promesses et d'enjeux dont le moindre n'était certainement pas cette confiance absolue dans une intelligence humaine capable de penser et de construire patiemment son propre challenger : la recherche, en France et à l'étranger, en témoignait avec force. En sommes, nous n'étions que l'expression naturelle d'un bouillonnement robotique qui laissait présager l'arrivée rapide, sur le marché grand public, de produits originaux auxquels tout le monde rêvait. Certains robots sont apparus mais de cette première génération il ne reste presque rien de convaincant hors l'intime certitude qu'il fallait les repenser, les remettre au niveau d'une attente qui n'était, en tout cas, pas celle de gadgets, même si elle était aiguillonnée par des mythes déjà anciens. Ces incertitudes d'un marché qui se cherche encore nous conduisent à hiberner quelque temps, tout au moins sous la forme que vous connaissiez jusqu'à maintenant. Cette hibernation ne signifie pas pour autant que notre sens supplémentaire sensible aux robots ira en s'atrophiant : nous assurons la veille... toutes affaires cessantes !
Dans l'immédiat, et à compter d'avril, une partie — celle qui intéresse plus particulièrement les étudiants et les amateurs — se retrouvera portée par *Radio Plans* qui se fit remarquer ces derniers temps : grâce à sa très large diffusion (près de 70 000 exemplaires tous les mois) notre confrère aura la charge insigne de continuer une partie de l'effort déjà engagé et de mener à bien un grand concours dont nous reparlerons bientôt. Enfin, la partie *Robots Systèmes* de *Micro et Robots* se transformera en lettre bimensuelle à destination des industriels et professionnels de la robotique. A bientôt ! ■

La Rédaction

«Les abonnés à Micro & Robots sont informés par une lettre personnelle des différentes possibilités d'utilisation du reliquat financier de leur abonnement».

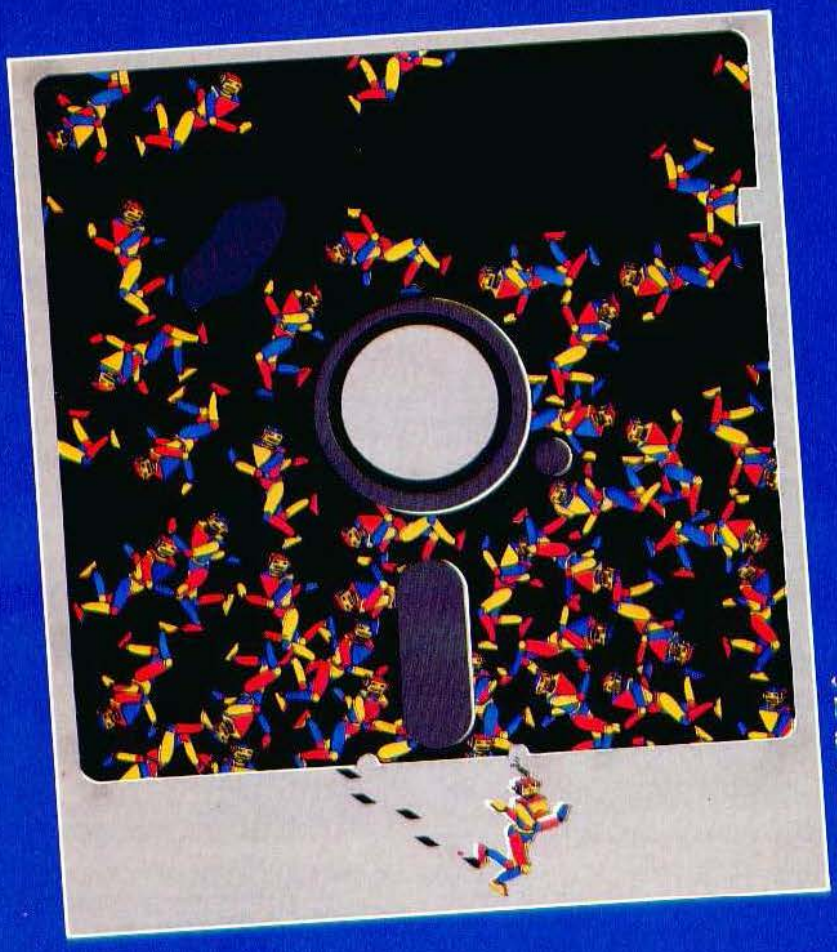
ROBOGRAPH

Nous publions aujourd'hui une présélection des œuvres reçues pour le concours Robographia. Le jury a décidé de prolonger ce concours jusqu'au 26 avril en insistant bien sur l'aspect convivial et sympathique qui doit se dégager de ces affiches. Continuez à nous envoyer vos œuvres !



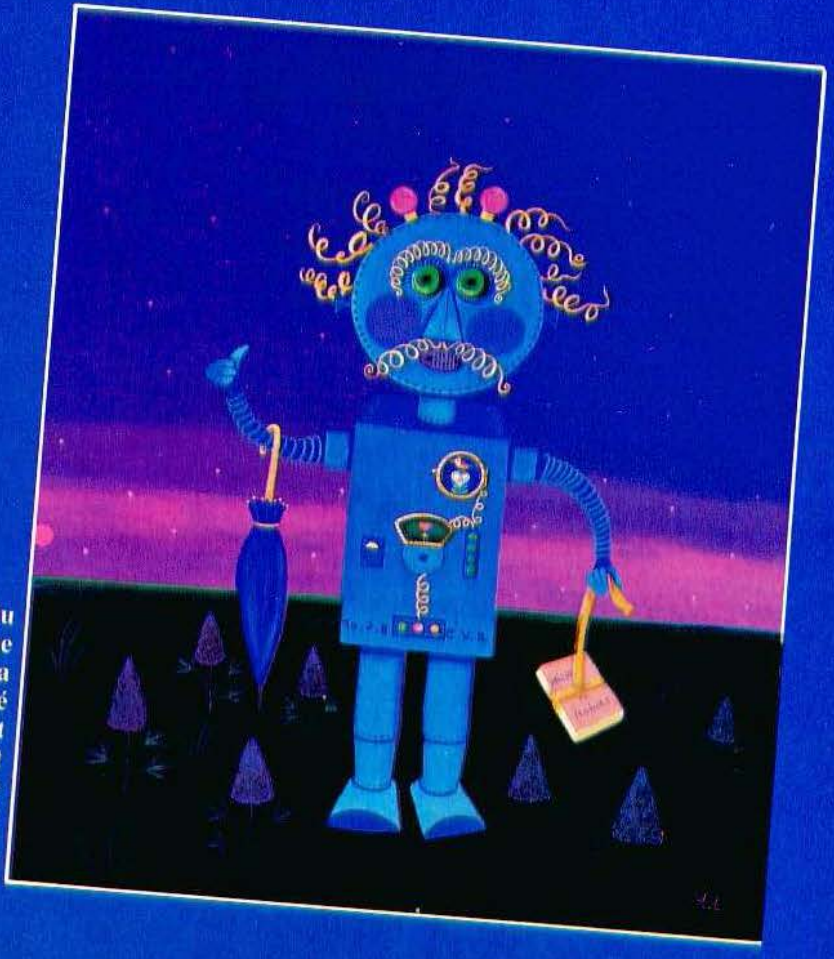
Denis Huc suggère plus qu'il ne le montre le robot des temps futurs. Excellent traitement des couleurs et du graphisme qui induit un certain sentiment de force, voire de dureté qui fait penser à Mad Max.

IA



«Debug» de Simon de Nicola mêle adroitement «soft» et «hard» et ne manque pas d'humour. Le jury a noté son dynamisme et la pertinance de son idée directrice.

L'usine à robots d'Alain Schwartz est étonnante dans son style BD et remarquable quant au travail des perspectives. Le thème de la convivialité en reste cependant absent.



«Le robot qui fait du stop» de Liliane Jouard : le jury a beaucoup apprécié l'inspiration naïve et le côté plutôt sympathique de ce robot au parapluie et au livre de chevet bien choisi.

N° 16

MARS 85

Après Hero 1 voici Hero JR qui, s'il s'inspire de son aîné, a été dédié à des applications plutôt domestiques : de fait son utilisation en est beaucoup plus simple grâce à des cartouches pré-programmées. Dans le cahier *Robots Systèmes* on trouvera un point sur les systèmes experts et deux nouveautés en la matière dont le système Pilotex créé par ITMI prenant en compte le paramètre temps dans la gestion de process industriels. Par ailleurs un article a été consacré à l'incertain et à la manière dont ce concept peut être intégré aux problèmes de l'intelligence artificielle. Photo : P. Cossé.

Sommaire

RUBRIQUES

3 Editorial
5 Robographia : les résultats
12 Les résultats de l'enquête
25 Notes
26 Informatique
27 Vente au numéro
36 Petites annonces
37 Bibliographie
93 Service lecteur
101 Composants

INITIATION

22 Le Forth
30 Les compteurs
38 Le Lisp

REALISATION

78 Un micro-ordinateur pour automatismes
102 Une caméra 8 points
105 Un système de développement 68705

TECHNOLOGIE

8 Le bras de la navette
16 Les moteurs pas à pas : exemples de calcul

TESTS

111 Hero JR
114 Le coffret de commande UCA-6
117 Le réseau Clearway

ROBOTS SYSTEMES

46 La page de l'Afri
47 Notes
48 Informatique
49 PSA et la CAO
50 Les filoguidés
52 Médecine et informatique
54 Le S.E. Tropicaid
56 Le S.E. Pilotex
61 Les systèmes experts
72 L'incertain

Micro et Robots est édité par la Société des Publications Radio-Electriques et Scientifiques, société anonyme au capital de 120 000 F. **Administration-Rédaction-Ventes** : 2 à 12, rue de Bellevue, 75940 Paris Cedex 19. Tél. : 200.33.05. Télex : PGV 230472F. **Publicité** : J. Goarant S.A.P. 70, rue Compans, 75019 Paris. Tél. : 200.33.05. **Abonnements** : 2 à 12, rue de Bellevue, 75940 Paris Cedex 19. Tél. : 200.33.05. 1 an (11 numéros) : 145 F (France), 190 F (étranger). Directeur de la publication : A. Lamer. Rédacteur en chef : J.-C. Hanus. Rédacteur en chef adjoint : Ph. Grange. Abonnements et promotion : Solange Gros. Comité de rédaction : C. Ducros, B. Fighiera, A. Joly, Ch. Pannel. Ont collaboré à ce numéro : C. Collet (maquette), P. Cossé (photos), J.-P. Bernier, C. Bugeat, D. Chaniat, A. Graber, J.-M. Husson, S. Labrune, D. Lami, J.-M. Lefèvre, E. Lémery, C. Miquel, C. Tavernier, P. Truc, Ph. Wallaert, W. Verleyen. Composition : S.P.B.P. Distribution : Transport Presse. Imprimerie : S.N.I.L. La Rédaction de Micro et Robots décline toute responsabilité quant aux opinions formulées dans les articles, celles-ci n'engageant que leurs auteurs. Les manuscrits publiés ou non ne sont pas retournés.

« La loi du 11 mars 1957 n'autorisant aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants-droits ou ayants-cause, est illicite », (alinéa premier de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal. » Commission paritaire : 65637. Numéro d'éditeur : 867. Dépôt légal : mars 85.

MICROPROCESSEURS

Z 80
R 65Ø2
68Ø9

COMPRENDRE
leur fonctionnement

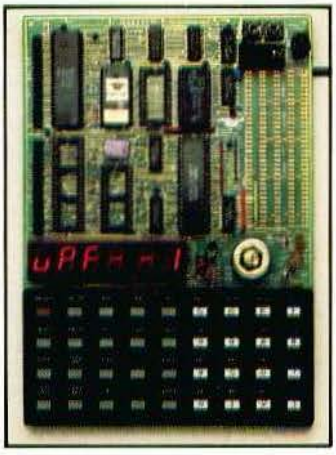
CONCEVOIR . RÉALISER
vos applications

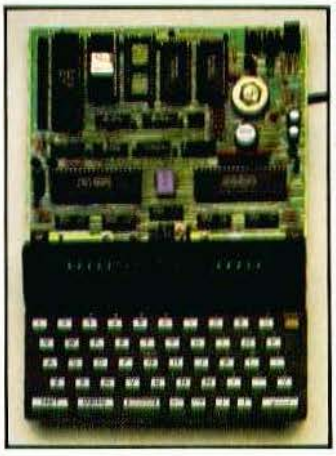
ZMC

MPF-1 B

● MICROPROCESSEUR Z-80®, haute performance, répertoire de base de 158 instructions.
● 4 Ko ROM (moniteur + mini interpréteur BASIC). 2 Ko RAM.
● Clavier 36 touches dont 19 commandes. Accès aux registres. Programmable en langage machine.
● 6 afficheurs L.E.D. Interface K7.
● Options : 4 Ko EPROM ou 2 Ko RAM, CTC et PIO.

Le MICROPROFESSOR MPF-1 B est parfaitement adapté à l'initiation de la micro-informatique.
Matériel livré complet, avec alimentation, prêt à l'emploi, manuels d'utilisation (en français), applications et listing.
Prix TTC, port inclus - 1 645 F





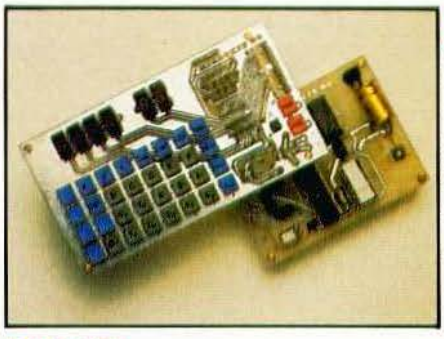
MPF-1 PLUS

● MICROPROCESSEUR Z-80®, 8 Ko ROM, 4 Ko RAM (extensible).
● Clavier QWERTY, 49 touches mécaniques avec « Bip ».
● Affichage alphanumérique 20 caractères (buffer d'entrée de 40 caractères). Interface K7, connecteur de sortie.
● ÉDITEUR, ASSEMBLEUR, DEBUGGER résidents (pointeurs, messages d'erreurs, table des symboles, etc.).
● Options : 8 Ko ROM-BASIC, 8 Ko ROM FORTH.
● Extensions : 4 Ko ou 8 Ko EPROM, 8 Ko RAM (6264).

Le MICROPROFESSOR MPF-1 PLUS est à la fois un matériel pédagogique et un système de développement souple et performant.
Matériel livré complet, avec alimentation, notice d'utilisation et d'application en français, listing source du moniteur.
Prix TTC, port inclus - 2 195 F

MODULES COMPLÉMENTAIRES POUR MPF-1B ET MPF-1 PLUS

- PRT-MPF B ou PLUS, imprimante thermique
- SSB-MPF B ou PLUS, synthétiseur de paroles.
- SGB-MPF B ou PLUS, synthétiseur de musique.
- EPB-MPF-1B/PLUS, programmateur d'EPROMS.
- TVB-MPF-1 PLUS, interface vidéo pour moniteur TV.
- I.O.M. - MPF-1 PLUS, carte entrée/sortie et mémoire (6 Ko).



MICROKIT Ø9

● MICROPROCESSEUR 6809, haut de gamme, organisation interne orientée 16 bits. Compatible avec 6800, programme source
2 Ko EPROM (moniteur).
2 Ko RAM. Clavier 34 touches.
Affichage 6 digits. Interface K7.
Description et applications dans LED.

Le MICROKIT Ø9 est un matériel d'initiation au 6809, livré en pièces détachées.

MPF-1/65

● MICROPROCESSEUR 6502, haute performance, bus d'adresses 16 bits, 56 instructions, 13 modes d'adressage. 16 Ko ROM. 64 Ko RAM Dynamiques. Clavier 49 touches avec 153 codes ASCII distincts. Affichage sur moniteur ou TV : 24 lignes de 40 caractères.
● ÉDITEUR, ASSEMBLEUR, DEBUGGER résidents.
● Interface K7 à 1 000 bps. Connecteurs pour imprimante et extension.

Matériel livré complet avec alimentation (+ 5V, − 5V et 12V). Notice d'utilisation et listing source. *Prix TTC, port inclus - 2 995 F.*

MICROPROFESSOR EST UNE MARQUE DÉPOSÉE MULTITECH

LES MICROPROFESSORS SONT GARANTIS 1 AN PIÈCES ET MAIN-D'ŒUVRE

SI VOUS VOULEZ EN SAVOIR PLUS : TÉL. : 16 (4) 458.69.00

SUD de la FRANCE - C.R.E.E. 138, AV. THIERS - 69006 LYON - TÉL. : (7) 894.66.36

Service lecteur : cerclez 114

TECHNIQUES NOUVELLES 346.02.14

BON DE COMMANDE À RETOURNER À Z.M.C. B.P. 9 - 60580 COYE-LA-FORET

- ☐ MPF-I B - 1 645 F TTC
- ☐ MPF-I PLUS - 2 195 F TTC
- ☐ MPF-I/65- 2 995 F TTC
- ☐ PRT B ou PLUS 1 195 F TTC
- ☐ EPB B/PLUS - 1 895 F TTC
- ☐ SSB B ou PLUS - 1 695 F TTC
- ☐ SGB B ou PLUS - 1 195 F TTC
- ☐ IOM SANS RAM - 1 495 F TTC
- ☐ IOM AVEC RAM - 1 795 F TTC
- ☐ TVB PLUS - 1 795 F TTC
- ☐ OPTION BASIC PLUS - 400 F TTC
- ☐ OPTION FORTH PLUS - 400 F TTC

DOCUMENTATION DÉTAILLÉE
☐ MPF-I B ☐ MPF-I/65 ☐ MPF-I PLUS
☐ MICROKIT - LISTE ET TARIF

NOM : _____
ADRESSE : _____
_____
_____

Ci-joint mon règlement (chèque bancaire ou C.C.P.).
Signature et date :

MR

SON BRAS L'ÉPAULE !

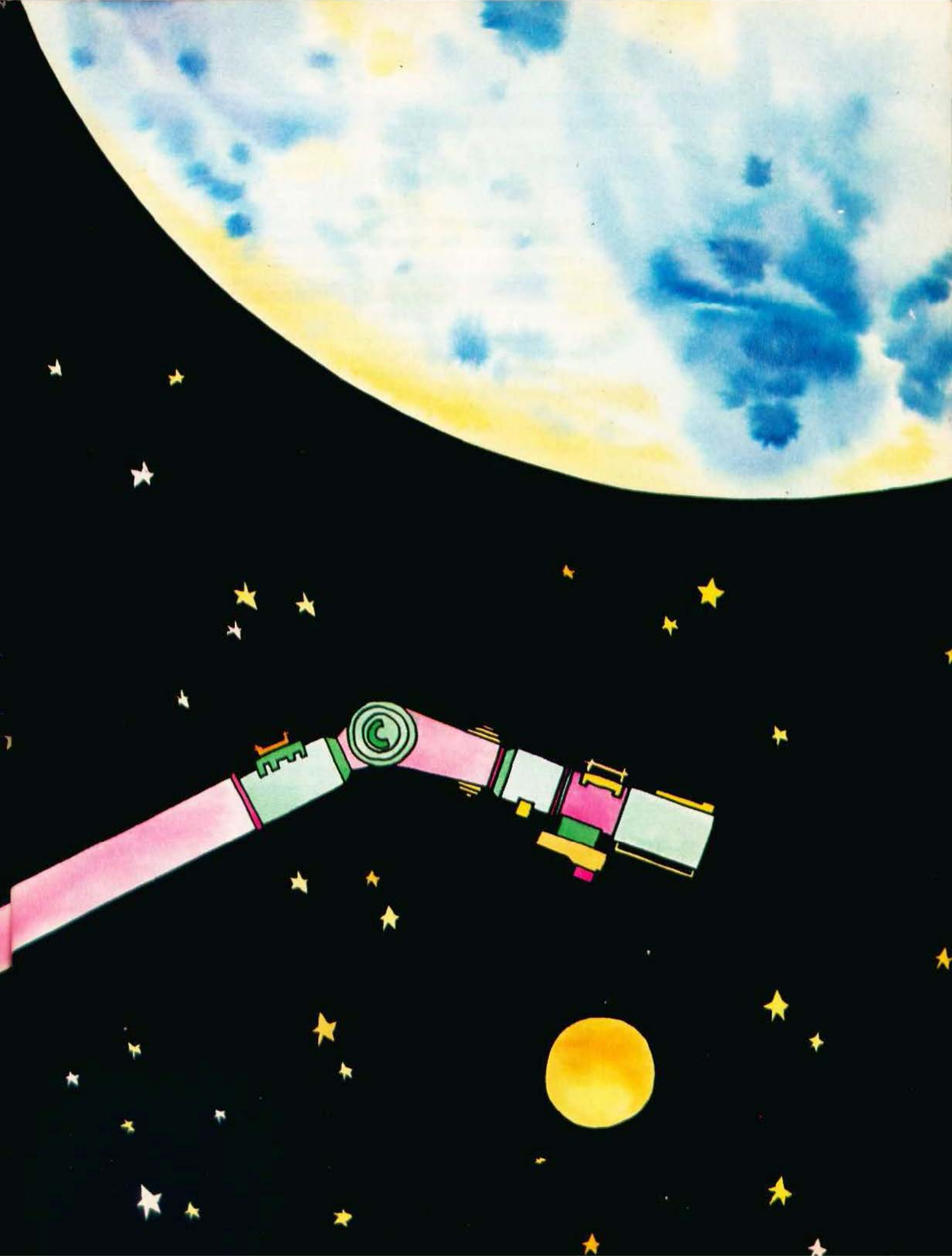
Le bras de la navette spatiale américaine a été conçu et fabriqué au Canada : quels furent les problèmes rencontrés alors ?

C'est dans les années 1970 que la NASA décidait de concrétiser le rêve technologique consistant à lancer une navette spatiale pouvant revenir sur terre, et jouant ainsi le rôle d'un «camion de l'espace» ré-utilisable. Les avantages escomptés par la NASA n'étaient autres qu'une diminution des coûts des vols spatiaux, puisque la navette pouvait être utilisée plusieurs fois, mais aussi une nouvelle fonction de travail dans l'espace que devait permettre de remplir un bras mécanique pouvant sortir de la navette.

La NASA cherchant des partenaires pour participer à ce programme, le gouvernement canadien, conseillé par le CNRC (Conseil national de la recherche), décida de s'intéresser au télémanipulateur baptisé par la suite «Canadarm». Les conditions de la collaboration furent les suivantes : le CNRC assurant les coûts de conceptions et de construction (100 millions de dollars), constituerait pour cela un groupement industriel responsable du projet : le principal entrepreneur est Spar Aerospace associé à CAE Electronics et DSMA Ltd. En échange, la NASA s'engageait à acheter à ce groupement industriel canadien, au moins trois autres bras (revenant chacun à 25 millions de dollars), et des pièces de rechange pour sa flotte spatiale. Quelles devaient être les fonctions de ce bras justifiant un tel projet, de tels coûts ?

Les fonctions du bras et d'une robotique de l'espace

Les fonctions de ce premier «robot de l'espace» ont été conçues de manière à en faire un outil polyvalent, pouvant remplir un maximum de tâches différentes toutes centrées autour de son aspect «outil de manipulation et de préhension» permettant, tout en restant à l'intérieur de la navette spatiale, d'agir sur des éléments se



Une longueur de plus de 15 m.

trouvant à l'extérieur, dans le «vide spatial». Citons quelques unes des applications possibles de ce télémanipulateur : il peut placer des satellites sur orbite, mais aussi, comme il l'a déjà fait, saisir un satellite défaillant pour le ramener dans la navette ou pour y insérer des pièces de rechange (comme des lames dans certains modèles de rasoirs mécaniques). Il peut, par ailleurs, aider les astronautes à travailler à l'extérieur de la navette, secourir ces équipages en «transférant» d'un véhicule spatial endommagé à un véhicule de secours. S'il a ainsi des fonctions de préhension permettant de «secourir» des astronautes ou satellites en perdition tout autant que de les assister ou mettre sur orbite, il peut aussi avoir des fonctions de «contrôle» augmentant la fiabilité de la navette. En effet, il permet d'examiner toutes les parties de la navette grâce à une caméra télécommandée, afin de déterminer l'état du revêtement qui la protège, notamment au moment critique de la rentrée dans l'atmosphère.

A plus long terme, il devrait autoriser l'assemblage de structures dans l'espace et la construction, ainsi et par exemple, d'une centrale solaire spatiale qui permettrait de capter le flot d'énergie du soleil afin de le transmettre à la terre sous la forme d'un faisceau concentré de micro-ondes.

Les problèmes rencontrés

Les travaux de conception et de réalisation du «télémanipulateur» demandèrent 6 années pleines de travail de 1975 à 1980. La tâche était un véritable pari : la NASA fournissait les contraintes auxquelles le bras devrait répondre, spécifiant, par exemple, la précision du mouvement, la «manœuvrabilité», la masse, les mesures de sécurité et la fiabilité. Or, face à un tel «cahier des charges», il n'existait aucun plan, aucun composant tout prêt. Il fallait partir de zéro avec, en plus, le problème qui consistait à créer un bras artificiel travaillant dans des conditions très particulières.

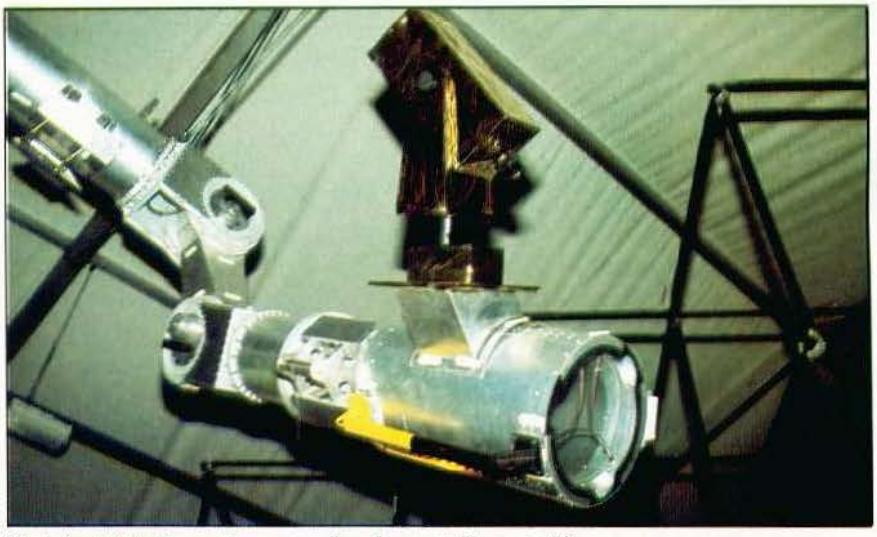
C'est dire que, dès le stade de la conception, les problèmes d'une robotique de l'espace se posèrent : en effet, dès qu'il est sur orbite, le bras n'a plus de poids. Pourtant, comme c'est le cas pour tout matériel utilisé dans l'espace, il doit être le plus léger possible.

Mais surtout, le travail dans l'espace impliqua de modifier le mécanisme même qui permet à un robot télémanipulateur de fonctionner. En effet, rappelons que dans l'espace, toute masse mise en mouvement ne peut être arrêtée que par une force égale et opposée. La conséquence, c'est que pour chaque poussée qui sera injectée dans le système de commande du bras, il faut prévoir la possibilité d'exécuter une force et une action opposée. Comme on le voit un robot ne peut travailler dans l'espace comme il travaille sur terre !

La conception et la protection du matériel utilisé, sont également totalement différentes lorsque l'on aborde la robotique de l'espace. En effet, dans l'espace les rayonnements peuvent rompre certaines liaisons chimiques en endommageant de manière définitive des matériaux qui ne sont plus protégés par l'atmosphère. De plus, ceux-ci doivent pouvoir résister à des écarts de température extrêmes : rappelons, là encore, que les matériaux peuvent être soumis au rayonnement intense du soleil, mais aussi au froid intersidéral dès qu'ils ne sont plus exposés au soleil. Pour résoudre de tels problèmes, un revêtement spécial a été créé, à base de plastique et d'aluminium, équipé d'éléments chauffants à régulation thermostatique permettant de maintenir le bras à une température acceptable et protégeant ses composants, autant des «brûlures» du soleil que du «froid glacial» qui règne à l'ombre.

Autre problème : le vide quasi total qui règne dans l'espace a comme conséquence que les fluides entrent spontanément en ébullition. Là encore, il fallut remplacer les fluides et les liquides utilisés habituellement pour les organes de transmission par un film sec de poudre lubrifiante recouvrant tous les engrenages.

Nous avons présenté jusqu'à maintenant, les problèmes rencontrés au moment de la conception du robot. Mais les essais impliquèrent, eux aussi, une série de pro-



L'extrémité du bras et une caméra de contrôle associée.

blèmes que les chercheurs canadiens durent résoudre. En effet, le bras spatial étant conçu pour fonctionner en état d'apesanteur, cela signifie que même si sa masse ne dépasse pas 400 kilos, il ne peut soulever l'équivalent de sa propre masse dans le champ de gravité terrestre. C'est pourquoi on a été obligé de construire une salle d'essai à plancher parfaitement de niveau, ainsi qu'un berceau pneumatique à très faible coefficient de frottement, afin de pouvoir faire fonctionner les articulations du bras. En outre, la nécessité de pouvoir évaluer le degré de manœuvrabilité du bras, a impliqué de construire un système de simulation informatisé. On a créé un modèle de bras dont les équations mathématiques décrivent en détail ses caractéristiques physiques et son système de commande. Ce système de simulation a permis, bien sûr, aux astronautes de se familiariser avec la manipulation du bras (le bras simulé était «mis en œuvre» à partir d'un poste de commande situé à l'intérieur de la maquette du poste de pilotage de l'Orbiter) :

Le mode de contrôle du bras

Un tel bras est-il uniquement un «bras manipulateur» ou a-t-il les potentialités d'un véritable robot autonome ? Pour le moment, on peut dire qu'il présente l'avantage d'un «système mixte». En effet, pour le faire fonctionner, soit articulation par articulation, soit les 6 articulations ensemble de façon coordonnée, l'astronaute se sert des commutateurs et des leviers de commande de la cabine de pilotage : pour manœuvrer l'extrémité du bras, il manipule un levier de sa main gauche, en effectuant le mouvement qu'il désire réaliser ; pour commander à cette même extrémité du bras d'effectuer des mouvements de tangage/lacet/roulis, il se sert avec sa main gauche d'un «manche à balai». Lorsqu'il a amené la «main» du bras sur la cible, il la saisit en appuyant sur une gâchette. L'un des problèmes cruciaux consiste à contrôler la vitesse avec laquelle le bras effectuera ces mouvements.

Pour assurer ce contrôle, un des cinq ordinateurs de bord enregistre tout ce qui se passe, autant les ordres que les données provenant des senseurs du bras. Conformément aux instructions contenues dans le programme, la vitesse de rotation que chaque articulation doit avoir, est calculée et celle des moteurs réglée en conséquence. Un tel système est, de plus, fermé en boucle rétro-active par retour visuel à l'opérateur. Ce dernier a, en effet, une vue directe sur le bras qu'il peut surveiller à tout moment par deux fenêtres, mais aussi par deux écrans de télévision qui lui permettent de suivre l'exécution des tâches. C'est ce système de commande incluant une personne dans la boucle d'asservissement qui est, pour le moment, utilisé, les caméras (et projecteurs) montées sur le bras et dans la soute transmettant des images à des écrans de télévision qui permettent aux astronautes de suivre et de contrôler les mouvements du bras. Mais ce n'est, «en droit», pas le seul mode d'utilisation possible. Théoriquement le bras peut fonctionner de manière entièrement autonome, en suivant une trajectoire préalablement mémorisée et en agissant de manière automatique. Cette potentialité justifie qu'il s'agit bien d'un robot, même si l'on ne s'en sert actuellement que comme télémanipulateur.

Perspectives d'avenir

Deux grands axes de recherche sont ouverts par ce robot :

— Une amélioration de sa fonction «robot» notamment grâce à un meilleur système de vision qui permettrait au bras de se déplacer en évaluant lui-même les distances et tâches à effectuer : c'est la voie dans laquelle se sont engagés certains centres de recherche canadiens.

— Des retombées sur la robotique et la télémanipulation terrestre : en effet, l'expérience du «Canadarm» permet de penser que la télémanipulation en milieux hostiles devrait se développer que ce soit, par exemple, pour les submersibles ayant besoin de faire des soudures sous-marines, ou pour des machines permettant d'enlever des déchets radioactifs et autres objets dangereux, ou encore d'entretenir les centrales nucléaires «à distance». ■

Christian Miquel

Bras	
Longueur	15,2 m
Masse	360 kg
Force maximale	6,8 kgf
Plage de manœuvre	
Épaule, commande en élévation	— 145° à + 2°
Épaule, commande en azimut	— 180° à + 180°
Coude, commande en élévation	— 2° à + 160°
Poignet, commande en élévation	— 120° à + 120°
Poignet, commande en azimut	— 120° à + 120°
Poignet, commande en roulis	— 450° à + 450°
Précision du positionnement	
Position de l'extrémité, mode manuel	± 3,8 cm
Position de l'extrémité, mode automatique	± 5,1 cm
Attitude de l'extrémité	± 5°
Vitesse de manœuvre	
Charge maximale	3 cm/s
Sans charge	60 cm/s
Charge utile maximale	
Longueur	18,3 m
Diamètre	4,6 m
Masse	29 500 kg
Durée de service prévue	
Missions	100
Années	10

Caractéristiques techniques du Canadarm.

AUTOPORTE

Plus de 3 600 réponses reçues à notre enquête de septembre ! Peut-être vous reconnaîtrez-vous dans ces statistiques...

La plus élémentaire des galanteries impose de commencer par les dames. Triste constat, vous n'êtes qu'un pour cent à représenter le sexe faible parmi l'ensemble de nos lecteurs. De quoi faire dresser les cheveux de Madame Yvette Roudy. Heureusement, les messieurs sont là, et jeunes : 78% des lecteurs ont moins de 35 ans !

Boulot, robot, dodo

Micro et Robots est plus un magazine des villes qu'un magazine des champs. Deux tiers d'entre vous résident dans des agglomérations de moyenne ou grande taille dont le quart en région parisienne. La répartition géographique des lecteurs épouse largement la carte des pôles informatique et robotique français.

La soif de connaissances

Le monde de l'enseignement (42%) et le monde de l'industrie (36%) fournissent à la revue ses plus gros bataillons de fidèles. Les étudiants, principalement en automatique, robotique, électronique, viennent en tête avec 30%. Une fois n'est pas coutume les maîtres (12%) sont derrière les élèves.

Etiquette

Les représentants de l'industrie sont avant tout des ingénieurs et des techniciens des spécialités précitées. Rien d'étonnant donc à ce que le premier secteur d'activité de nos lecteurs soit l'enseignement et la recherche (26%). Puis, près d'un tiers travaillent dans l'ingénierie, la maintenance/approvisionnement, l'administration. Enfin, vous appartenez majoritairement (74%) à des entreprises moyennes et grandes. Le modeste niveau des revenus, seuls 3% déclarent plus de 200.000 F par an, s'explique par la forte proportion d'étudiants peu fortunés (pour le moment...).

L'avoir

Nous avons beaucoup parlé de vous, et si l'on parlait un peu de votre matériel ? Vous n'êtes que 7% à posséder un robot, mais 47% à avoir ou à désirer un Minitel et 82% goûtent les joies d'un micro-ordinateur dont le prix est généralement inférieur à 5000 F. Vous réservez principalement ce dernier à un usage individuel (91%) contre seulement 23% à un usage professionnel. Si nous nous attachons à la configuration de votre micro-ordinateur, un constat s'impose : le succès écrasant de l'ordinateur personnel que 83% d'entre vous possédent. Et vous êtes encore 34% à envisager son achat ou son renouvellement dans l'année. Vous êtes plus nombreux à posséder un lecteur de cassettes (58%) qu'un lecteur de disquettes (32%) mais vos intentions d'achat se portent plus vers le second (36%) que sur le premier (3%). L'imprimante et l'écran couleur font partie de l'ensemble dans, respectivement, 38% et 37% des cas et vous êtes nombreux à désirer les acquérir prochainement. Mais ni les ordinateurs de poche ou de jeux, ni les disques durs, ni les tables traçantes pour ne citer que ces éléments ne font, ni ne feront (selon les intentions d'achat) grande recette. A l'inverse, le modem et à un moindre degré, le robot personnel ont vos faveurs pour le futur. Dans 70% des cas, le prix approximatif de l'ensemble ne dépasse pas 10.000 F.

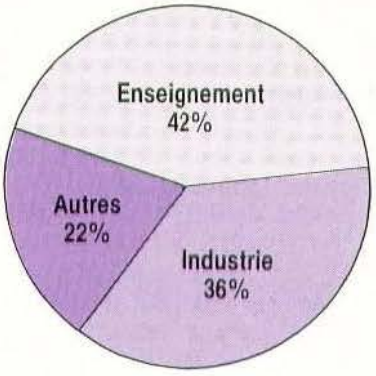
ENQUETE-LECTEUR

TENTEZ LE SORT !

Vos domaines privilégiés d'utilisation de cette micro-informatique : la programmation (67%), les jeux (54%) et les calculs scientifiques (37%). Peu de succès pour le traitement de texte et l'enseignement. Le Basic n'a plus de secret pour vous ; vous êtes 97% à le connaître et 63% pour l'assembleur. Les autres langages sont à approfondir (Pascal et Fortran), d'autres à découvrir Prolog, LISP, APL...

Quittons votre appartement pour votre bureau. Vous êtes 63% à utiliser un micro-ordinateur de façon indépendante contre 45% à l'utiliser au sein d'un système. Vous

RAIT



Enseignement, industrie : la grosse part.

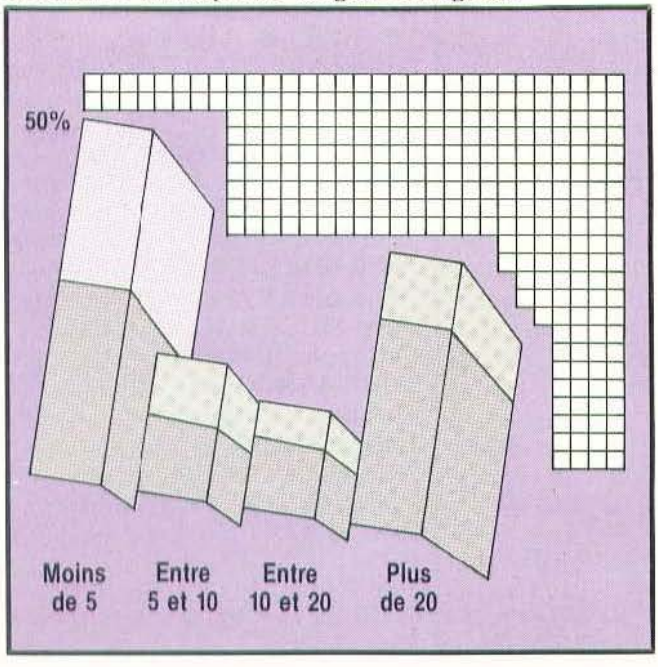
vous en servez principalement pour des applications scientifiques, mathématiques et statistiques (34%) puis pour des systèmes automatisés ou robotisés (33%). Les autres applications, CFAO, paie, comptabilité, gestion commerciale ou encore gestion de production sont encore peu prisées. Dans 74% des cas, votre entreprise n'est pas robotisée et elle ne pense le faire que pour 33% des cas. Dans les entreprises déjà robotisées, le taux de pénétration est faible, moins de 5 robots dans 60% des cas, moins de 20 dans 80% des cas. Ces robots servent principalement à l'enseignement (38%), à la recherche-étude (ces chiffres doivent à l'importance des enseignants et étudiants dans les questionnaires retournés), la manutention-manipulation (44%).

Lectures critiques

Nous avons longuement disserté sur vous et sur votre matériel, il est temps d'aborder votre rapport à *Micro et Robots*. Nous ne sommes, bien sûr, pas les seuls dans la presse spécialisée, c'est pourquoi, nous avons voulu connaître les revues que vous lisez régulièrement. Arrivent en tête, largement détachés, *Micro-Systèmes* puis l'*Ordinateur Individuel* et *Science et Vie Micro*. Côté quotidien, vos préférences vont massivement au *Monde* (28%) puis loin derrière *Libération* et *Le Figaro* (13 et 11%). Match nul entre les trois grands hebdomadaires : *L'Express*, le *Nouvel Observateur* et *Le Point*. Vous n'êtes pas insensibles non plus au poids des mots et au choc des photos. Foin du chauvinisme : près d'un quart d'entre vous déclarent lire des revues spécialisées étrangères. Allongez-vous sur le divan, nous allons jouer les apprentis psychiatres pour démêler l'écheveau de vos rapports avec *Micro et Robots*. Le hasard fait bien les choses puisqu'il a permis à 51% d'entre vous d'apprendre l'existence de *Micro et Robots*. La publicité a touché 26% d'entre vous. Le marchand de journaux reste le moyen favori pour vous procurer votre magazine (71%) contre 15% pour l'abonnement. Votre fidélité nous touche puisque vous êtes 62% à nous lire depuis le premier numéro. Vous êtes encore plus nombreux à être assidus : 91% consacrent entre 1 et 5 heures à la lecture de la revue et vous êtes 96% à lire la plupart des articles. Votre intérêt se partage à peu près équitablement entre l'informatique et la robotique, avec cependant un léger avantage au premier domaine (52% contre 48% au second).

Au hit parade des rubriques incontestées : les réalisations. L'électronique, l'informatique, l'initiation à la logique et côté robo-

En couleur : les disquettes. En gris : les logiciels.



Le tirage au sort : à droite notre éditeur J.-P. Ventillard.

tique les capteurs, les composants et la recherche ont également vos faveurs. A l'inverse, votre intérêt s'émousse grandement pour l'agenda, la correspondance étrangère, les entretiens et l'initiation au Basic. Dont acte. Vous êtes plus des deux tiers à préférer les bancs d'essai aux comparatifs. Paradoxalement la rubrique réalisation est de loin celle qui captive le plus votre intérêt et il se trouve 61% d'entre vous pour n'en avoir fait aucune. (Le prix et l'insuffisance d'explications vous semblent dissuasifs). Vous êtes 85% pour juger nos tests honnêtes ou réalistes et vous souhaitez que nous les orientions en priorité vers les ordinateurs et les robots personnels. Vos souhaits sont clairs : que nous développions davantage les langages de programmation assembleur, LISP et ceux des robots et que nous abordions plus souvent l'intelligence artificielle tout particulièrement mais aussi les robots personnels, la recherche et la mécanique. A l'opposé, les aspects socio-économiques ne vous touchent guère. Bon point pour nos annonceurs puisque 82% d'entre vous se déclarent satisfaits de la publicité parue dans notre magazine.

L'heure des cadeaux

Voilà, le portrait-robot s'arrête ici et il ne reste plus qu'à vous livrer la liste des gagnants tirés au sort parmi plus de 3500 réponses. Merci encore à tous ceux qui ont bien voulu parler d'eux-mêmes et nous livrer leurs réflexions : la tâche n'était pas très facile ! ■

J.-P. Bernier

Résultats du tirage au sort
Tirage de l'enquête lecteurs de «Micro et Robots» effectué le lundi 11 février 1985.

1er prix : un robot personnel HERO Junior d'une valeur de 15 000 F TTC. environ offert par la *Société DINOTEC.*
Patrice PONSART
89370 CHAMPIGNY-SUR-YONNE

2e prix : un micro-ordinateur Exelvision EXL 100 avec son basic étendu de 32 K d'une valeur de 3 000 F TTC. offert par la *Société EXELVISION.*
Christian AUGUSTE
28800 SANCHEVILLE BONNEVAL

3e prix : un micro-ordinateur DEF 3000 d'une valeur de 900 F TTC. offert par la *Société DEF.*
Serge FALIGOT
49300 CHOLET

4e au 8e prix : Un Movit «SOUND SKIPPER» d'une valeur de 199 F TTC. offert par *ROBOTMANIA.*
Philippe GAUSSIER
13420 GEMENOS
Franck D. HERESON
38000 GRENOBLE
Jean MORE
33000 BORDEAUX
Thierry DYMON
91700 STE GENEVIEVE-DES-BOIS
Hervé GALLIGANI
75009 PARIS

9e au 116e prix : 108 logiciels offerts par la *Société LORICIELS.*
Pascal BAYON
36330 LE POINCONNET
François GOETHALS
45700 VILLEMANDEUR
Joël MANSON
26130 ST PAUL-TROIS-CHÂTEAUX
Philippe LEFEVRE
24130 LA FORCE
Patrick PHILIPOT
34100 MONTPELLIER
Alain MAIRE
57000 METZ
Gaston SPRING
12490 ST ROME-DE-CERNON
Bernard MONNOT
13127 VITROLLES
François-Régis COLIN
91260 JUVISY-SUR-ORGE
Loïc QUENTEL
29110 CONCARNEAU
Pierre MICHEL
13005 MARSEILLE
Robert LE GALL
35190 TINTENIAC
Mohamed NEHACHE
48200 ST CHELY-D'APCHER
Daniel CARALLI
83500 LA SEYNE-SUR-MER
Thomas CASSAGNE
75009 PARIS
François-Xavier NETTERSHEIM
62200 BOULOGNE-SUR-MER
Jean-Yves BOUVET
51000 CHALONS-SUR-MARNE
Pascal JEANNE
27930 GRAVIGNY
Frédéric VERSMEE
59300 VALENCIENNES
Marie-Louise SOUETRE
29210 MORLAIX
Michel FINET
7251 SARS LA BRUYERE Belgique
Claude HENRY
83100 TOULON
Jean BERNHARD
57700 HAYANGE
Francis CARPENTIER
80000 AMIENS
Roger DA SILVA
95610 ERAGNY-SUR-OISE
Jean-Louis LACOCHE
59330 HAUTMONT
Lionel MORETEAU
69400
VILLEFRANCHE-SUR-SAONE
Jacques LAMBERT
54180 HEILLECOURT
René JAMET
85150 LA MOTHE ACHARD
Régis BOUSQUET
75017 PARIS
Gilbert HUGUES
33470 GUJAN MESTRAS
Thierry SARRAUTE
40440 ONDRES
Albert FABREGAT
34570 PIGNAU
Alain GOURCEROL
59800 LILLE
Etienne MONTOUTE
94250 GENTILLY
Serge NAVE
77470 TRILPORT
Fabrice HORST
38000 GRENOBLE
Yann MEURISSE
59650 VILLENEUVE D'ASCQ
Pierre LE NEVE
56190 MUZILLAC
Christophe ESMAN
30320 MARGUERITTES
Christian VIGUIE
81400 CARMAUX
Michèle CAZAJOUS
31000 TOULOUSE
Yann PERROTTE
50330 ST PIERRE-EGLISE
Yves GALY
69490 ST LOUP
Pierre DAVID

75003 PARIS
Jean-Claude VANIER
21430 LIERNAIS
Pascal TOURNACHE
33200 BORDEAUX
Laurent CANO
21300 CHENOVE
Fabrice GAMBERINI
75015 PARIS
Claude BOIREAU
38135 LA MOTTE SAINT-MARTIN
Patrice MIOT
87000 POITIERS
Thierry GIRAUD
38190 BRIGNOUD
Frédéric BODART
62220 CARVIN
Pierre BRION
14210 EVRECY
Marc LECONTE
62143 ANGRES
Jean-Luc ROUSSEL
14310 VILLERS BOCAGE
Michel GOLDER
67440 MARMOUTIER
Eric BERTREM
69300 CALUIRE
Sébastien HILY
56440 LANGUIDIC
Yves MION
18200 ST AMAND-MONTROND
Dominique BOURDON
59310 ORCHIES
Laurent TRONQUOY
83300 DRAGUIGNAN
Stéphan BOURGEOIS
08330 VRIGNE AUX BOIS
Luc BURGENSIS
69360 TERNAY
Emmanuel REGIS
69005 LYON
Alain ROUBERTIE
19100 BRIVE
Jean-Yves SOBETSKY
71100 CHALON-SUR-SAONE
Philippe LIENARD
38660 LE TOUVET
Jean-Philippe NICOLS
97122 BAIE MAHAULT
Guadeloupe
Bernard CUTAYAR
13013 MARSEILLE
André MAIGRE
6111 MONTIGNY-LE TILLEUL
Belgique
Olivier MULLER
95170 DEUIL-LA-BARRE
Yonnel MICHAUD
78980 BREVAL
Antoine JEANPIERRE
92330 SCEAUX
Thierry QUIQUEREZ
90000 BELFORT
Michel GONZALES
33700 MERIGNAC
Dominique VACON
29200 BREST
Thierry GRANGER
45120 CHALETTE-SUR-LOING
René CHARLES
62600 BERCK
Philippe MANCINI
95000 CERGY
Daniel METIVIER
94500 CHAMPIGNY-SUR-MARNE
Philippe MIJON
92000 NANTERRE
Alain VIOLLE
01490 ST GERMAIN-DE-JOUX
Alain PIERRE
92300 LEVALLOIS-PERRET
Tibor GYONGYOSI
78310 ELANCOURT
Jean-Pierre RANSY
93130 NOISY-LE-SEC
Bernard GIRAUDET
37130 LANGEAIS
B. DIEUDONNE
74000 ANNECY
Irénée PRAT
94240 L'HAŸ-LES-ROSES
Alain VAN ACKER
59310 BEUVRY-LA FORÊT
Eric GAUDET
85690 NOTRE-DAME-DE-MONTS
Philippe LEGOT
13100 AIX-EN-PROVENCE
Freddy CAVIGNAUX
62660 BEUVRY
Marc COMPAGNON
13300 SALON DE PROVENCE
Pierre-Jean MITJANA
09110 AX-LES-THERMES
Jean-Yves BOILARD
95150 TAVERNY
Laurent VANHEULE
75014 PARIS
Luc LEYRISSOUX
33400 TALENCE
Jean-MARC BUFORN
66130 ILLE-SUR-TET
Olivier PAVIE
78800 HOUILLES
Yvon FRABOUL
34290 SERVIAN
Marc FOURQUIN
92190 MEUDON
Jean-Christophe CONTIER
13500 MARTIGUES
Thierry GARNIER
91120 PALAISEAU
Pierre-Jean SELLES
31500 TOULOUSE
Christian MARTIN
37300 JOUE-LES-TOURS
Eddie LEURIEUX-CLERVILLE
97232 LE LAMENTIN Martinique
Pascal LECLERC
95170 DEUIL-LA-BARRE

117e au 126e prix : 10 ouvrages offerts par la *Société E.T.S.F.*

Frédéric TRINEL
59700 MARCQ-EN-BAROEUL
Serge PLUCHON
47150 MONFLANQUIN
Jean-Michel EDMOND
93300 AUBERVILLIERS
Gérard STRUZIK
54500 VANDOEUVRE
Jean-Luc MONFLIER
72000 LE MANS
Olivier ROBARDET
51415 BETHENY
Stéphane DIVET
91940 LES ULIS
Thierry MARTINET
21000 DIJON
Patrick GOUYGOU
78270 BONNIERES-SUR-SEINE
Jean-Marie MORIN
44700 ORVAULT

127e au 136e prix : 10 abonnements d'un an à Radio PLans ou à Micro Systèmes.

Guillaume BESSE
75015 PARIS
Yves GACK
54210 ST NICOLAS-DE-PORT
Eric FRANCESCHINI
34200 SETE
Hervé CHAPPE
92200 NEUILLY
Bruno BOIVIN
01700 ST MAURICE-DE-BEYNOST
Marc VAN DE WAOTERE
59200 TOURCOING
Claude GERASSE
21310 MIREBEAU
Christophe TAYOT
21600 LONGVIC
Frédéric RENOUX
03500 ST
Alain-Jens LOUDIERE
91370 VERRIERES-LE-BUISSON

PAS A PAS

Dans cette troisième partie, quelques cas d'applications typiques des moteurs pas à pas sont passés en revue

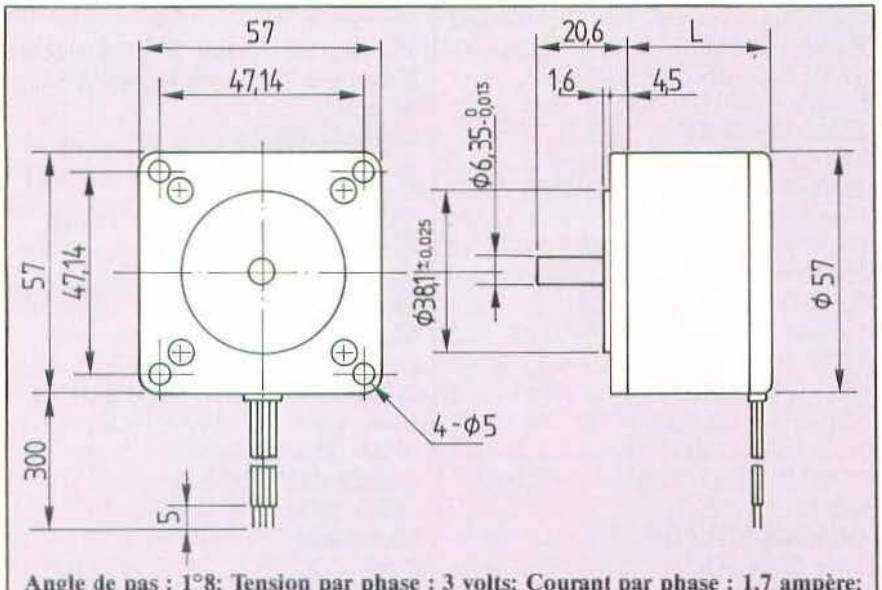
Après avoir parlé de la technologie des moteurs pas à pas hybrides et de différents types de commande, ce chapitre va nous montrer comment sélectionner un moteur et sa commande pour quelques applications typiques.

III. CALCULS

Données du constructeur de moteurs

Les constructeurs de moteurs pas à pas donnent généralement une courbe couple/vitesse pour chaque modèle de moteur, mais, comme nous l'avons souligné dans le chapitre précédent, cette courbe n'a de sens que si elle précise le type de commande qui a permis de la relever; on peut de plus obtenir des performances bien meilleures que celles données par cette courbe si l'on utilise une unité de commande de meilleure qualité.

La figure 20 nous montre, à titre d'exemple, les caractéristiques couple/vitesse d'un moteur pas à pas hybride à 200 pas par tour pour divers types de commande avec différentes tensions d'alimentation, alors que les caractéristiques du moteur en question sont reproduites dans le tableau de la figure 19.



Angle de pas : 1°8; Tension par phase : 3 volts; Courant par phase : 1,7 ampère; Résistance/phase : 1,8 ohm; Industance/phase : 4,3 millihenrys; Couple de maintien : 0,5 newton-mètre; Inertie rotorique : 110gcm²; Longueur «L» 51 millimètres.

Figure 19

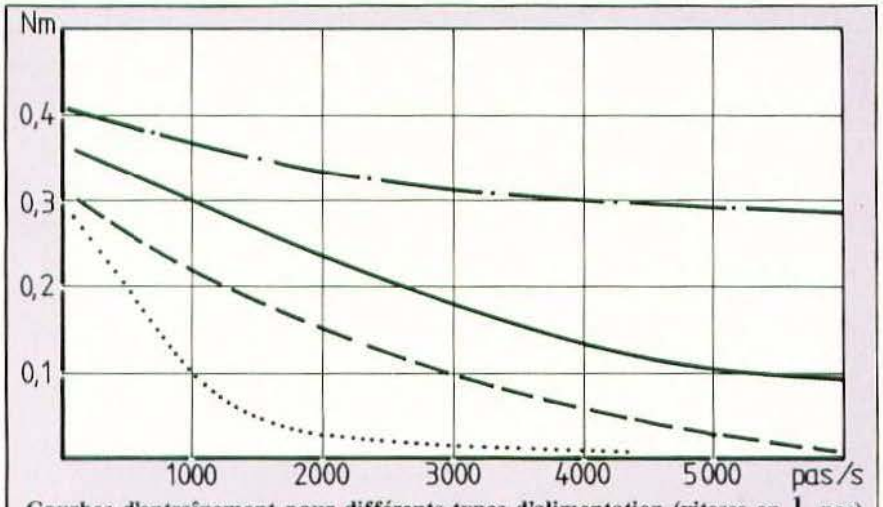
Calcul d'un entraînement par poulie

Lorsque l'on doit réaliser un mécanisme destiné à entraîner une charge en translation, l'utilisation de poulies et de câbles ou de courroies permet d'arriver à une solution économique en apportant des performances respectables, si l'on prend soin de soigner l'étude mécanique.

La figure 21 symbolise la cinématique d'un entraînement par poulie : la masse m représente la somme des différentes masses à translater (la charge, les câbles ou courroies, les éléments de guidage,...); R est le rayon d'enroulement de la poulie, et F représente l'effort nécessaire pour décoller la charge, éventuellement augmenté d'un effort d'usinage, si la charge est un outil ou une pièce à usiner par exemple.

Exemple de calcul

Soit à motoriser un mouvement de translation pour une masse m = 2 kg guidée sur glissières à billes et entraînée par un système poulie/courroie crantée. La précision désirée est de 0,0508 mm (2% de 2,54 mm); la vitesse maximale doit être de 250 mm/s, avec un temps d'accélération



Courbes d'entraînement pour différents types d'alimentation (vitesse en $\frac{1}{2}$ pas)

..... commande unipolaire simplifiée avec U_{alim} = 2,7 volts; _____ commande unipolaire à résistance série : U_{alim} = 12 volts; _____ commande bipolaire à découpage, avec U_{alim} = 36 volts; — . — commande bipolaire à découpage, avec U_{alim} = 85 volts.

Figure 20

de 0,1 s. La charge est, d'autre part, une broche d'usinage sur laquelle on peut exercer un effort de 0,5 kg maximum. En première approximation, on pense utiliser pour cette application un moteur pas à pas d'une résolution de 400 pas/tour.

Calculons tout d'abord le nombre de dents du pignon à monter sur l'arbre du moteur, sachant que notre courroie de transmission a un pas de denture de 2,032 mm (type MXL de Uniroyal) :

$$\frac{n \times 2{,}032}{400} = 0{,}508 \text{ mm}$$

d'où n = 10 dents

nous en déduisons le diamètre et le rayon du pignon moteur

$R = (2{,}032 \times 10) : 2\pi = 3{,}234$ mm

$D = 2R = 6{,}468$ mm

Étant donné qu'un pas moteur vaut 0,0508 mm, nous pouvons en déduire la vitesse maximale de rotation :

$f = 250 : 0{,}0508 = 4921$ pas/s

d'où $N = 4921 : 400 = 12{,}3$ tours/s

soit $\theta' = 12{,}3 \times 2\pi = 77{,}3$ radians/s

D'où l'accélération angulaire, exprimée en radians par seconde par seconde :

$\theta'' = 77{,}3 : 0{,}1 = 773$ rd/s²

Le rayon du pignon moteur nous permet, par ailleurs, de calculer l'inertie ramenée par la charge :

$J_{ch} = mR^2 = 2 \text{ kg} \times (0{,}3234 \text{ cm})^2$

$= 0{,}21$ kg cm²

Pour éviter tout problème d'instabilité, il est toujours recommandé de choisir un moteur dont l'inertie rotorique soit du même ordre de grandeur que l'inertie ramenée par la charge ($J_{ch} \leqslant 5\ J_{rot}$). Notre choix se portera donc vers le moteur dont les caractéristiques sont données en figure 19 : $J_{rot} = 0{,}11$ kg cm².

Nous en déduisons l'inertie totale :

$J = J_{ch} + J_{rot} = 0{,}21 + 0{,}11$

$= 0{,}32$ kg cm² $= 0{,}000032$ kgm²

Connaissant l'accélération angulaire, nous en déduisons le couple nécessaire pour accélérer les inerties, C_a :

$C_a = J\theta'' = 0{,}000032 \times 773$

$= 0{,}025$ Nm

Outre le couple nécessaire pour accélérer les inerties, le moteur doit également vaincre l'effort F qui est la somme de l'effort d'usinage et de l'effort nécessaire pour décoller la charge. Sachant qu'il s'agit d'une masse de 2 kg guidée par des glissières à billes, on peut estimer, sans risque de se tromper, que l'effort de décollage restera inférieur à 0,3 kg, soit 3 newtons, ce qui nous donne F = 8N compte tenu de l'effort d'usinage, d'où le couple correspondant à F :

$C_f = FR = 8 \times 0{,}003234$

$= 0{,}026$ Nm

D'où le couple total :

$C = C_a + C_f = 0{,}025 + 0{,}026$

$= 0{,}051$ Nm

Compte tenu d'un rendement mécanique η de l'ordre de 80%, le couple maxi réellement nécessaire sera de :

$$\frac{C}{\eta} = \frac{0{,}051}{0{,}8} = 0{,}064 \text{ Nm}$$

Étant donné, par ailleurs, le risque de décrochement d'un moteur pas à pas lorsque l'on arrive à ses limites, l'expérience veut que l'on choisisse un moteur capable de procurer 25 à 30% de couple supplémentaire par rapport à la valeur calculée; notre moteur devra donc être capable de produire un couple de 0,08 à 0,085 Nm à une vitesse de 5000 pas/seconde. Si l'on se réfère aux courbes données par la figure 20, on voit qu'une commande bipolaire à régulation de courant par découpage, réalisée sous une tension de 36 volts, sera très bien adaptée à notre application. La figure 22 donne un exemple de réalisation pour une telle commande à partir de deux circuits SGS, avec un minimum de composants extérieurs.

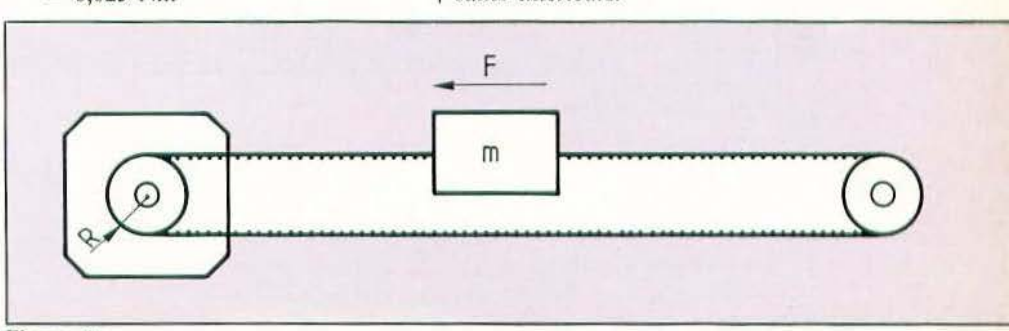


Figure 21

Calcul d'un entraînement par système vis/écrou

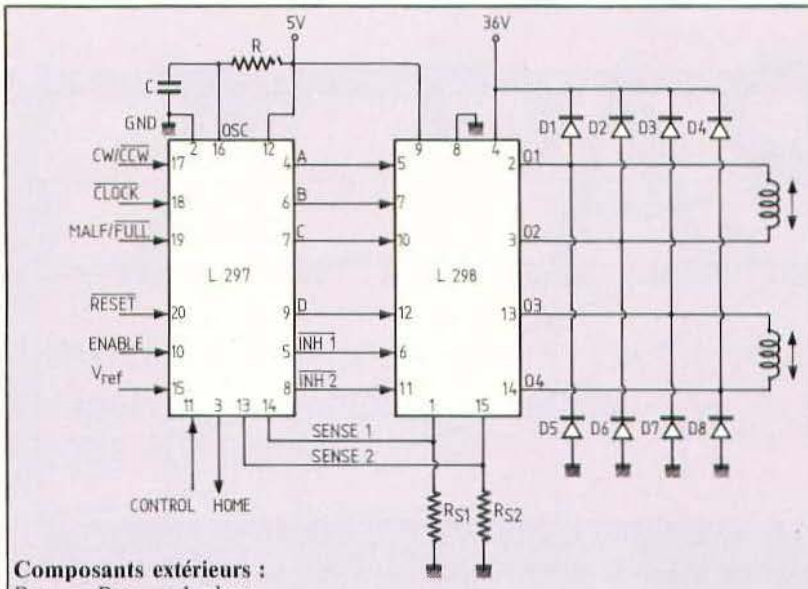
La réalisation d'un mouvement de translation à partir d'un système vis/écrou permet d'obtenir une très haute résolution et, si l'on utilise une vis à billes, un excellent rendement et une grande précision de positionnement. Si l'on reste dans le domaine des réalisations économiques, la vis à billes étant alors exclue, le rendement devient plutôt faible et cette cinématique est alors plus volontiers adaptée aux faibles puissances, notamment lorsque l'on désire que l'entraînement soit irréversible. La figure 23 symbolise la cinématique d'un entraînement par système vis/écrou.

Exemple de calcul :

m : masse totale à translater
l : longueur de la vis
p : pas de la vis
D : diamètre de la vis

Soit une masse m = 2 kg à translater verticalement à une vitesse de 5 mm par seconde avec une résolution de 0,01 mm. La vis utilisée possède un diamètre D de 10 mm, une longueur L de 100 mm et un pas p de 1 mm. On désire pour cette application utiliser un moteur pas à pas travaillant dans la zone «marche/arrêt» («start/stop» en anglais).

Sachant que le pas vaut 1 mm et la résolution 0,01 mm, nous en déduisons immédiatement que le moteur devra posséder 100 pas par tour, c'est-à-dire un angle de pas de 3°6 au maximum.



Composants extérieurs :

$R_{S1} = R_{S2} = 1$ ohm
D1 à D8 = BY218 - 100 (Thomson) ou MR850 (Motorola)
R = 22 kilohms
C = 3300 picofarads

Fonctions d'entrée et de sortie

CW/CCW	commande du sens de rotation.
CLOCK	entrée des impulsions de commande (impulsions négatives, largeur 10 microsecondes environ).
HALF/FULL	cette entrée doit être au niveau logique 1 pour faire tourner le moteur en mode 1/2 (demi-pas); au niveau 0, le moteur travaille en pas entier.
RESET	entrée d'initialisation de la séquence d'alimentation du moteur (ABCD = 0101).
ENABLE	lorsqu'elle est au niveau 0, cette entrée provoque la coupure de l'alimentation du moteur.
V_{ref}	la tension appliquée sur cette entrée détermine la valeur crête du courant dans les phases (environ 1,2 volt dans notre application).
CONTROL	entrée à relier au niveau 1 pour que le contrôle du découpage se fasse à partir des signaux ABCD.
HOME	sortie collecteur ouvert indiquant que la séquence d'alimentation des phases est dans l'état initial (ABCD = 0101).

Figure 22. Circuit de commande bipolaire à découpage (doc. SGS)

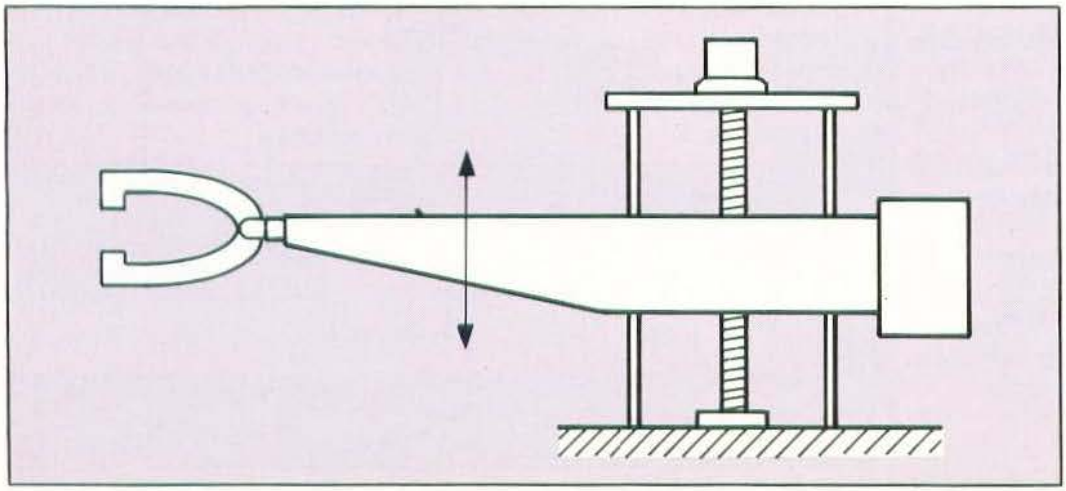


Figure 23. Cinématique d'un entraînement par système vis/écrou.

Nous pouvons déterminer la vitesse de rotation du moteur :
f = 5 : 0,01 = 500 pas/s
Calculons les différentes inerties ramenées sur l'arbre du moteur :

$$J_{vis} = \frac{1}{2} \times MR^2$$

où M est la masse de la vis
R est le rayon de la vis (D/2)
Sachant que la vis est en acier, sa masse M vaut 61,3 g, soit 0,061 kg, d'où l'inertie de la vis :

$$J_{vis} = \frac{1}{2} \times 0{,}061 \text{ kg} \times 0{,}5 \text{ cm}^2$$

J_{vis} = 0,0077 kgcm²
Calculons maintenant l'inertie ramenée par la charge :
$J_{ch} = mp^2/4n^2 = 2 \text{ kg} \times 0{,}1 \text{ cm}^2 \times 4n^2$
J_{ch} = 0,005 kgcm²
D'où l'inertie totale :
$J = J_{vis} + J_{ch}$ = 0,013 kgcm²
Calculons par ailleurs le couple nécessaire pour déplacer la charge :

$$C = F.\frac{p}{2\pi}$$

avec F = 20N (F est en fait le poids de la charge, 2kgp ≃ 20N, puisque celle-ci se déplace verticalement). D'où C :
C = 20 × (0,001 : 2π) = 0,0032Nm
Sachant qu'il s'agit d'un système vis/écrou, nous prendrons comme valeur du rendement mécanique η = 20%, d'où le couple réellement nécessaire :
0,0032 : 0,20 = 0,016 Nm
Comme dans l'exemple d'application précédent, il est recommandé de faire travailler le moteur pas à pas un peu au-dessous de ses limites, et nous choisirons donc un moteur capable de fournir un couple de 0,02Nm à une vitesse de 500 pas/seconde avec une inertie ramenée de 13gcm². Comme, par ailleurs, les constructeurs ne donnent pas toujours les caractéristiques couple/vitesse pour plusieurs valeurs d'inertie ramenée, il est intéressant de ramener la vitesse de travail de 500 pas/seconde à la valeur équivalente sans inertie ramenée, ce que nous permet la relation suivante :

$$f_o = f.\sqrt{\frac{J_{rot} + J}{J_{rot}}}$$

D'où nous tirons

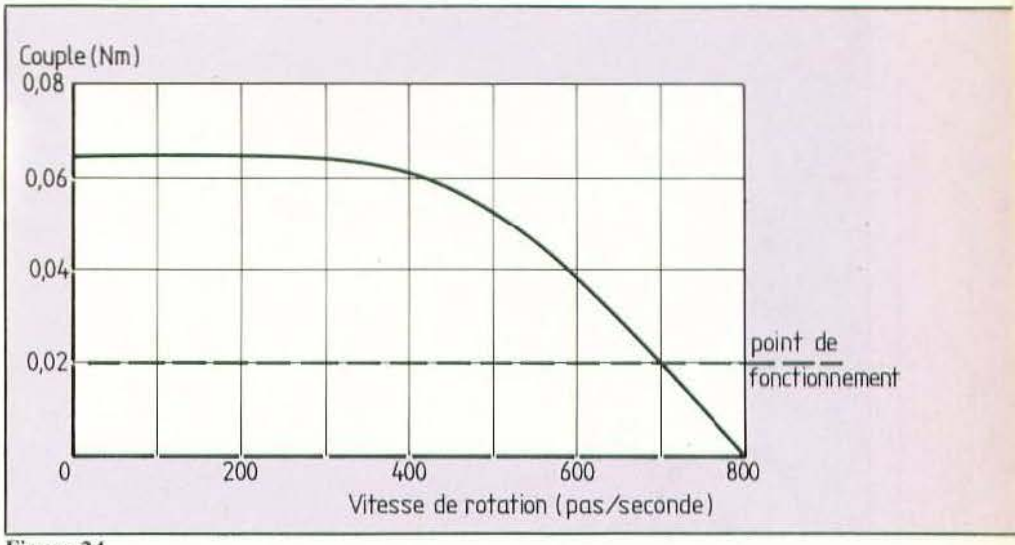
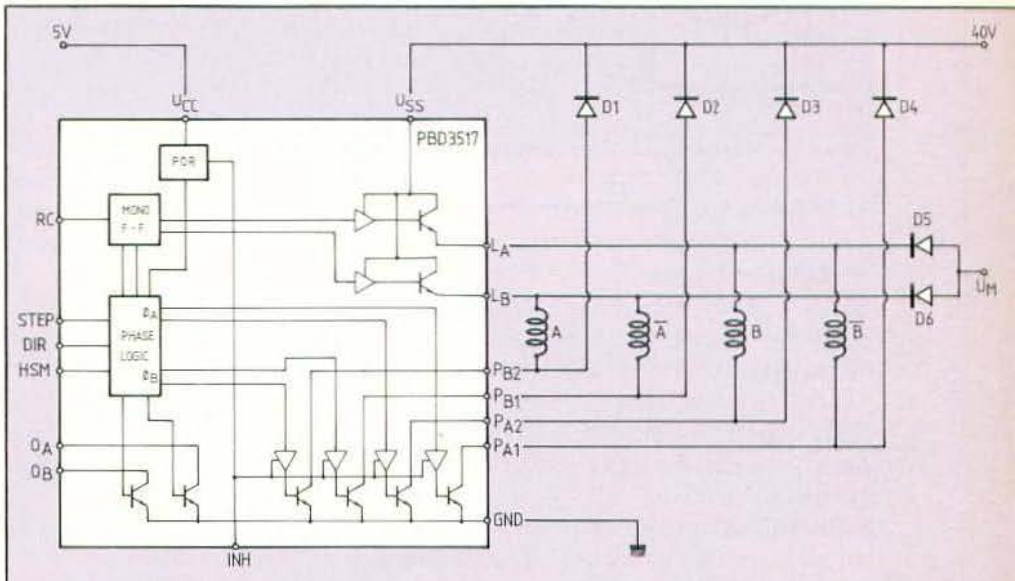


Figure 24.



D1 à D6 = 1N4933 (Motorola) ou PLR810 (Thomson)
$U_m = (R_0 \times I_0) + 1$ volt (R_0 et I_0 étant respectivement la résistance et le courant par phase en unipolaire, spécifiés par le constructeur du moteur).

Fonctions d'entrée et sortie :

RC	entrée permettant de calibrer la durée de l'impulsion haute tension au moment de la mise sous tension d'une phase (un condensateur et une résistance dont les valeurs dépendent des caractéristiques électriques du moteur doivent être connectés entre cette entrée et le zéro volt).
STEP	entrée des impulsions de commande (caractéristique similaire à l'entrée CLOCK du circuit de la figure 22).
DIR	entrée de commande de sens
HSM	lorsque cette entrée est au niveau logique bas, le moteur travaille en demi-pas; lorsqu'elle est au niveau haut, le moteur travaille en pas complet.
INH	entrée permettant de couper l'alimentation du moteur.
O_A et O_B	sorties permettant d'utiliser le circuit PDB3517 pour la commande d'un étage de puissance bipolaire extérieur.

Figure 25. Circuit de commande unipolaire à 2 niveaux (doc. RIFA).

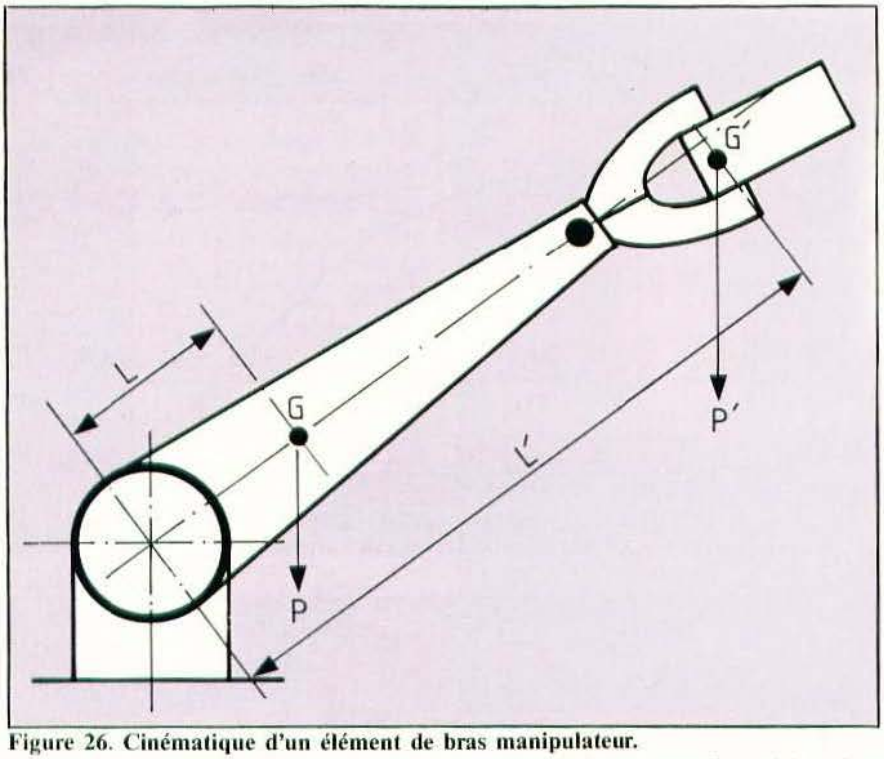


Figure 26. Cinématique d'un élément de bras manipulateur.

$$f_o = 500 \times \sqrt{\frac{17 + 13}{17}}$$

= 660 pas/s pour J_{rot} = 17gcm²

La figure 24 nous montre la courbe couple/vitesse du moteur que nous avons sélectionné et dont l'inertie rotorique vaut 17gcm² : ce moteur répond à notre problème puisqu'il permet une vitesse de démarrage à vide de 700 pas/seconde avec un couple de 0,02Nm.

La figure 25 donne un exemple de réalisation du circuit de commande d'un tel moteur : il s'agit d'un circuit de commande unipolaire à deux niveaux de tension, capable de délivrer jusqu'à 1 ampère par phase; le niveau basse tension correspond à la tension nominale par phase à l'arrêt, toujours spécifiée par le constructeur du moteur; le niveau haute tension, pouvant atteindre jusqu'à 40 volts, permet de tirer un excellent parti du moteur.

Calcul d'un entraînement par motoréducteur pour bras manipulateur

La mode actuelle des robots étant aux bras manipulateurs, cet exemple intéressera sûrement ceux qui veulent se lancer dans une telle réalisation. La figure 26 symbolise la cinématique couramment retenue pour un élément de bras manipulateur :

— L représente la distance entre l'arbre de sortie du motoréducteur et le centre de gravité du bras seul, et P le poids du bras.
— L' représente la distance entre l'axe de sortie du réducteur et le centre de gravité de l'ensemble outil de préhension + charge.
— P' représente le poids de l'ensemble outil de préhension + charge.
— K est le rapport de réduction entre l'arbre du moteur pas à pas et l'axe de rotation du bras.

Exemple de calcul

— L = 318 mm; L' = 140 mm;
P = 0,5 kg; P = 1,5 kg.

Outre ces données, on se propose de réaliser un bras dont la résolution soit de 5000 points sur une course de 90°, avec une vitesse maximale de 0,1 tour/seconde et un temps d'accélération maximum de 0,5 seconde.

Si l'on opte pour un moteur pas à pas à 400 pas par tour (excitation en mode demi-pas), on peut en déduire le rapport de réduction à adopter pour parvenir à la résolution souhaitée, sachant qu'un angle de 90° au moteur vaut dans ce cas 100 pas :

K = 5000 : 100 = 50

Nous en déduisons immédiatement la vitesse maximale pour le moteur :

N = 0,1 t/s × K = 5 t/s

d'où θ' = N × 2π = 31,4 rd/s

Sachant que le temps d'accélération désiré est de 0,5 seconde, nous pouvons calculer l'accélération angulaire :

θ'' = θ' : 0,5 = 31,4 : 0,5 = 62,8 rd/s²

Calculons d'autre part l'inertie ramenée sur l'axe de rotation du bras :

J_{bras} = 0,5 kg × 0,14 m² = 0,01 kgm²

J_{ch} = 1,5 kg × 0,318 m² = 0,15 kgm²

Nous en déduisons l'inertie ramenée au moteur (en supposant que l'inertie propre du réducteur est négligeable) :

$$J = \frac{J_{bras} + J_{ch}}{K^2} = 0{,}16 \text{ kgm}^2 : 50^2$$

soit J = 0,000064 kgm² = 0,64 kgcm²

Cette valeur d'inertie, bien que relativement élevée, nous permet cependant d'envisager l'utilisation du moteur dont les caractéristiques sont données en figure 19 : en effet, vu la faible valeur de l'accélération angulaire, le rapport d'inertie entre le rotor et la charge reste acceptable, d'autant plus que l'on envisage de travailler en mode demi-pas. Compte tenu de l'inertie rotorique de ce moteur (J_{rot} = 0,11 kgcm²), nous pouvons calculer le couple nécessaire pour accélérer les différentes inerties :

C_a = J.θ'' = (0,000064 + 0,000011) × 62,8

C_a = 0,0047 Nm

Nous pouvons, d'autre part, calculer le couple nécessaire pour vaincre les efforts P et P' :

C_p = P.L/K = 15N × 0,318m : 50 = 0,095 Nm

$C_{p'}$ = P'.L'/K = 5N × 0,14m : 50 = 0,014 Nm

Nous en déduisons le couple total à fournir par le moteur, compte tenu d'un rendement mécanique de 70% :

C = (C_a + C_p + $C_{p'}$) : η = 0,114 : 0,7

C = 0,16 Nm

Notre problème se trouve donc ramené au choix d'une commande permettant au

moteur que nous avons sélectionné de fournir un couple d'environ 0,2 Nm à une vitesse de 5 tours par seconde, soit 2000 pas/seconde si le moteur travaille en mode 400 pas/tour.

La figure 27 donne un exemple de réalisation pour la commande bipolaire d'un moteur pas à pas à partir de quelques composants et de circuits intégrés fabriqués par la société Sprague; cet exemple de réalisation procure des performances très satisfaisantes et il est très bien adapté pour notre application de bras manipulateur.

Après ces quelques exemples d'application, avant d'en venir à notre prochain chapitre qui traitera de l'interface au micro-ordinateur et de l'organisation d'un programme destiné à piloter une unité de commande pas à pas, certains lecteurs auront certainement à cœur de se lancer dans l'action dès maintenant; la liste d'adresses que nous donnons ci-dessous, loin d'être exhaustive, permettra à ceux qui sont convaincus de l'intérêt des moteurs pas à pas de se procurer des éléments mécaniques, des composants, des moteurs ou des unités de commande pas à pas, soit un peu tous les matériels auxquels ce chapitre a fait plus ou moins allusion. ■

D. Lami

Quelques adresses utiles :

Pour les éléments mécaniques :

Prud'homme Transmission
66, rue de Saint-Denis
93302 Aubervilliers Cedex
(réducteurs, engrenages, accouplements).

C.S.R.
15, rue Raymond-Ridel
92250 La Garenne-Colombes
(roulements, douilles à billes, ...)

Ausbart
6, rue Albert-Lecoq
94170 Le Perreux
(pignons et courroies crantées)

C.P.I. Aéronautique
57, avenue d'Iena
75783 Paris Cedex 16

Motor Model
95, rue Robespierre
93100 Montreuil

Pour les composants électroniques :

Rifa SA,
55, rue Carnot
92100 Boulogne Billancourt

Radio Équipements Antares
9, rue Ernest Cognacq
92301 Levallois Perret
(distributeur SGS)

Gedis
53, rue de Paris
92100 Boulogne Billancourt
(distributeur Sprague)

Gecodis
171, rue d'Aguesseau
92100 Boulogne
(distributeur RTC, SGS, Thomson)

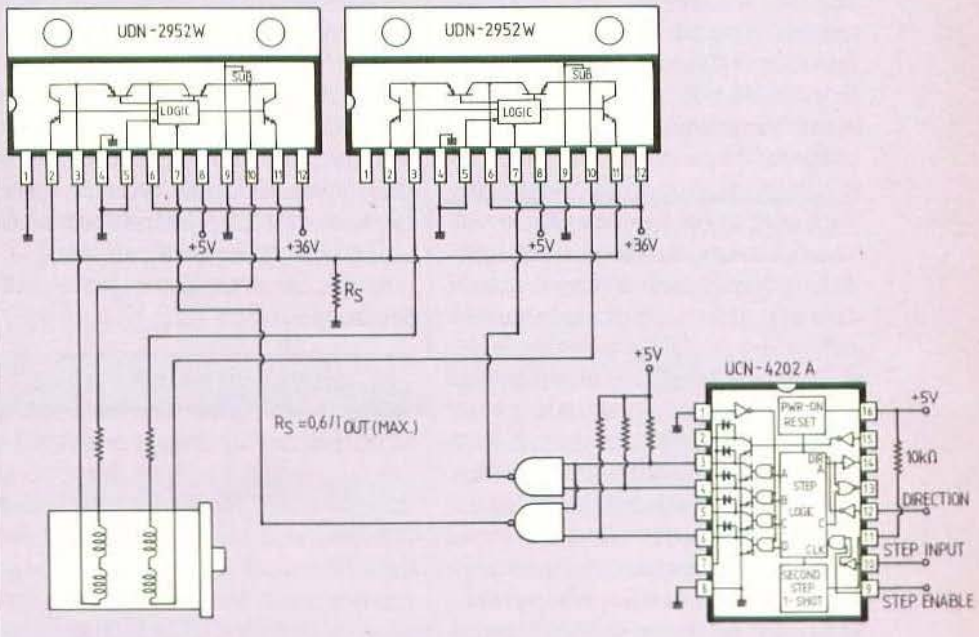
Pour les moteurs et les unités de commande pas à pas :

Portescap France Le Trident
3, voie Eboué
94000 Créteil
(moteurs pas à pas de petite et moyenne puissance)

Saint-Ignan-Electronique
26, avenue de l'Isle
31800 Saint-Gaudens
(kits de motorisation pas à pas destinés aux applications de la micro-robotique dans l'enseignement ou le grand public, petite à moyenne puissance)

Socitec
37 à 41, rue Benoit Frachon
78500 Sartrouville
(moteurs pas à pas et unités de commande de moyenne à forte puissance pour les applications industrielles et professionnelles)

Pierre P. Hanssen et Cie,
171, av. du Gal de Gaulle
Schiltigheim
BP 76
67041 Strasbourg Cedex
(moteurs pas à pas et unités de commande de moyenne à forte puissance pour les applications industrielles et professionnelles)



DIRECTION : entrée de commande de sens.
STEP INPUT : entrée des impulsions de commande.
STEP ENABLE : lorsqu'elle est au niveau logique bas, cette entrée empêche la rotation du moteur, même si des impulsions de commande sont envoyées par ailleurs.

Les résistances de polarisation qui sont connectées entre le + 5 volts et les entrées des portes NAND (74LS00 par exemple) n'ont pas une valeur critique; on pourra choisir entre 3,3 et 100 kilohms.

Les résistances placées en série dans chaque phase permettent de limiter le courant à la valeur spécifiée pour le moteur.

Figure 27. Commande bipolaire à régulation de courant (Doc. Sprague).

LA PROGRAMMATION

LE FORTH(VI)

Nous avons vu, lors de nos derniers numéros, que le Forth était assez proche des langages les plus évolués compte tenu des possibilités offertes de création de boucles. Ce rapprochement va se poursuivre aujourd'hui avec la présentation des possibilités de gestion des variables, des constantes et des tableaux. Nous parlerons ensuite de quelques mots indispensables pour manipuler des chaînes de caractères ou des constantes numériques à destination d'un terminal.

Les constantes en Forth

Jusqu'à présent nous n'avons manipulé, dans tous nos mots et exemples de définitions, que des valeurs numériques bien définies. Une telle façon de faire ne peut se concevoir dans un programme un tant soit peu important et le langage Forth admet de ce fait la définition de constantes. L'avantage de cette méthode est évident : si on utilise des valeurs numériques dans un programme et que l'on souhaite les modifier, il faut intervenir en tous les endroits du programme où elles apparaissent, tandis que si on utilise des définitions de constantes en début de celui-ci, il suffit simplement de modifier ces définitions. La définition de constantes en Forth utilise le mot... CONSTANT. Ce mot s'emploie de la façon suivante : valeur de la constante CONSTANT Nom de la constante ; ainsi : 123 CONSTANT ROBOT définit la constante ROBOT et lui affecte la valeur 123. Le fait d'utiliser ensuite le nom de la constante lors de la définition ou de l'exécution d'un mot place la valeur numérique affectée à celle-ci sur la pile. Pour vous en convaincre faites : ROBOT. et vous verrez s'afficher 123 preuve que ROBOT a bien mis 123 en haut de la pile. Si, après avoir défini une constante, vous éprouvez le besoin de changer sa valeur, il suffit de faire :

Nouvelle valeur ' Nom de la constante !

Attention ! ce changement de valeur de constante est toujours possible mais les mots qui ont été définis et compilés avec la valeur qu'avait la constante avant ce changement conserveront cette valeur initiale et ne seront pas affectés par ce changement.

Les variables en Forth

Comme dans tout langage évolué, il est possible de définir en Forth des noms de variables. Leur principe est toutefois un peu différent de ce à quoi vous pouvez être habitués si vous connaissez le Basic par exemple. La définition de variables fait appel au mot... VARIABLE, bien sûr, de la façon suivante :

VARIABLE Nom de la variable.

Cela ressemble à la définition d'une constante mais ne fonctionne pas du tout de la même façon ; en effet, lors de sa définition, une variable est très souvent inconnue ; le mot VARIABLE se charge donc de placer le nom de la variable dans le dictionnaire et réserve de la place en mémoire pour le rangement ultérieur de sa valeur. Sauf indication contraire (décrite ci-après) la réservation porte sur deux octets ce qui permet de stocker des nombres compris entre — 32768 et + 32767.

Le fait d'appeler une variable par son nom lors de la définition ou de l'exécution d'un mot fait placer sur la pile l'adresse de celle-ci. Faites l'essai suivant pour vous en convaincre.

```
VARIABLE MICRO
MICRO.
```

Et vous allez voir s'afficher un nombre quelconque (il dépend de votre système Forth et de sa cartographie mémoire) qui est en fait l'adresse où sera placée la valeur de la variable.

L'utilisation d'une variable fait donc appel aux mots que nous avons vu il y a quelque temps : @ et ! qui permettent de lire et d'écrire à une adresse mémoire contenue sur la pile. Pour placer une valeur dans notre variable MICRO, il suffit donc de faire :

17 MICRO ! et nous affecterons à MICRO la valeur 17. Pour bien vérifier que le mot VARIABLE ne place que des adresses sur la pile, faites à nouveau : MICRO. et vous voyez s'afficher une valeur sans rapport avec 17, alors que : MICRO @ . fait s'afficher 17.

Comme le fait de devoir frapper @ suivi d'un point est vite fastidieux, il est possible d'utiliser le mot ? qui lit et affiche le contenu d'une adresse trouvée dans la pile ; ainsi :

MICRO ? fait afficher 17. Il est bien évident que ? peut être défini de la façon suivante :

```
: ? @ . ;
```

Qui osera dire après cela que le Forth n'est

pas un langage clair et limpide ?

Les tableaux

Le mot VARIABLE permet, comme nous venons de le voir, de réserver de la place en mémoire pour une variable codée sur 16 bits puisqu'elle peut évoluer de — 32768 à + 32767 ; cela signifie que VARIABLE réserve en fait deux octets mémoire par nom de variable. Il est possible de faire mieux soit pour manipuler des nombres en double précision, soit pour disposer de tableaux ou de variables indicées si vous préférez une appellation plus «basiquienne». Pour cela il faut utiliser les mots CREATE et ALLOT. Le mot CREATE permet de définir un nom de variable ou de tableau tandis qu'ALLOT fixe la taille de celui-ci en nombre d'octets mémoire ; ainsi :

```
CREATE TABLE 100 ALLOT
```

définit la variable TABLE comme ayant une taille de 100 octets. Pour placer des valeurs dans ce tableau, il ne vous reste plus qu'à faire : XX NN TABLE + C ! où XX est la valeur à placer dans le tableau et où NN est «l'indice» ou la position de la variable dans le tableau. Attention, les indices commencent à 0. Le principe de fonctionnement est simple ; en effet TABLE place sur la pile l'adresse du premier octet de la variable TABLE ; il suffit donc de lui ajouter NN (ce que fait le + qui suit) pour obtenir l'adresse du N + 1 ème octet et d'y placer la valeur voulue au moyen d'un store si elle est sur 16 bits (!) ou d'un C store si elle est sur 8 bits (C !).

Pour lire n'importe quel élément d'un tel tableau, il suffit de faire, de la même façon :

NN TABLE + C @ . qui se passe de tout commentaire puisque cela fonctionne exactement comme l'écriture vue précédemment.

Il est donc possible, avec CONSTANT, VARIABLE, CREATE et ALLOT de faire tout ce que les habitués des langages évolués classiques ont coutume de faire. Seul le fait que l'utilisation du nom d'une variable ne donne pas sa valeur mais son adresse est un peu déroutant au début. En contrepartie cela simplifie l'accès aux divers éléments d'un tableau comme nous venons de le voir.

D'autres bases

Nous avons déjà vu que Forth pouvait travailler en base 10 avec le mot DECIMAL ou en base 16 avec le mot HEX. En fait, le Forth sait travailler dans n'importe quelle base paire inférieure ou égale à 16. Pour cela il suffit d'utiliser le mot... BASE, bien sûr ! Ainsi :

2 BASE ! ordonne au système de travailler en binaire.

Faites attention à deux points très importants. En premier lieu, il est essentiel de noter que le microprocesseur, lui, travaille toujours en binaire puisqu'il ne sait manipuler que cela. Le fait de travailler en base 2 avec BASE ne fait donc changer en rien la vitesse de calcul et n'influe que sur les entrées/sorties numériques qui ne seront alors comprises ou affichées que dans la base ainsi définie. Le deuxième point, que vous devez avoir noté si vous êtes observateur est qu'en réalité, BASE est un nom de variable dans lequel il suffit d'aller placer la valeur de la base de travail. En d'autres termes cela signifie que les mots DECIMAL et HEX ne sont rien d'autre que :

```
: DECIMAL 10 BASE ! ;
: HEX 16 BASE ! ;
```

De même, si vous voulez souvent travailler en octal, vous pourrez faire :

```
: OCTAL 8 BASE ! ;
```

Si vous ne savez plus dans quelle base vous vous trouvez, il suffit de lire celle-ci et pour cela vous pouvez écrire :

BASE @ DUP DECIMAL . qui fait afficher en décimal la valeur de la base actuelle.

Il faut encore faire deux remarques d'importance à propos de ces notions de base. Tout d'abord, il est nécessaire de savoir que lors de la compilation d'un mot, c'est-à-dire lors du codage de sa définition en mémoire, c'est la base en action lors de la compilation qui compte et non celle éventuellement définie dans le mot ; ainsi :

```
DECIMAL
: MASK HEX OOFF OR ;
```

conduira à l'affichage de :

OOFF ? car la base en action lors de la compilation est la base 10. Le mot HEX est bien compilé mais n'est pas interprété lors de cette phase, la valeur OOFF qui suit ne peut donc être reconnue et fait générer un message d'erreur.

La deuxième remarque concerne les chiffres 2, 3 et 4 qui sont reconnus par le Forth même lorsque l'on est en base 2. Cette «anomalie» vient du fait que, comme ces valeurs sont très employées naturellement, elles ont été définies comme des constantes afin de sauvegarder de la place en mémoire ; l'interpréteur Forth les reconnaît donc quelle que soit la base.

Un peu de présentation

Nous avons vu dans nos précédents articles qu'il était possible de faire afficher des nombres et des chaînes de caractères sur le terminal mais avec des possibilités de formatage quasiment nulles. En fait, il existe en Forth quelques mots pour faire «de la présentation». Nous savons afficher des nombres avec . mais il est possible de faire mieux avec .R qui fait afficher un nombre codé sur 16 bits «justifié» à droite d'une zone de N espaces que vous pouvez définir. Ainsi :

```
1234 CR 15 .R CR
```

place 1234 en haut de la pile, fait un retour chariot et fait ensuite afficher le nombre placé sur la pile (donc 1234) à droite de la zone de 15 espaces définie par le 15 .R. Le CR qui suit permet d'afficher le OK habituel sur la ligne suivante.

L'utilisation des espaces

Ainsi qu'il est possible avec .R de faire afficher des espaces devant un nombre, on peut faire de même avec les chaînes de caractères en utilisant les mots SPACE ou SPACES.

SPACE fait afficher un espace sur le terminal alors que SPACES fait afficher le nombre d'espaces égal au nombre contenu sur la pile. Ainsi :

```
CR . "MICRO" 5 SPACES . "ET"
SPACE . "ROBOTS" CR
```

fait afficher :

```
MICRO      ET ROBOTS.
```

Des entrées/sorties particulières

De même qu'en Basic il est possible d'envoyer au terminal des caractères non imprimables (caractères de contrôle) ou des caractères définis par leur code ASCII grâce à CHR$, c'est également possible en Forth grâce au mot EMIT. Ainsi :

```
DECIMAL 65 EMIT
```

envoie au terminal du système le caractère ASCII dont le code exprimé en décimal est 65 (c'est la lettre A). En d'autres termes, EMIT lit la valeur contenue sur la pile et l'envoie telle quelle au terminal.

Dans le même ordre d'idée existe le mot TYPE qui envoie au terminal le contenu d'une zone mémoire en convertissant en ASCII ce qui s'y trouve contenu. Ce mot utilise deux valeurs sur la pile : l'adresse de début de la zone mémoire contenant la chaîne et la longueur de celle-ci. Ce dernier paramètre doit être en haut de la pile. Ainsi :

```
HEX 600 10 TYPE
```

fait afficher sur le terminal les 16 caractères dont les codes ASCII sont contenus en mémoire à partir de l'adresse 600.

Il peut arriver également qu'une chaîne de caractères soit stockée en mémoire précédée par un octet indiquant sa longueur et que seule l'adresse de cet octet soit présente sur la pile. Dans ce cas, il suffit d'utiliser le mot COUNT qui fait ce qu'il faut pour que TYPE puisse être utilisé ensuite pour afficher la dite chaîne, ce qui se fait de la façon suivante:

```
Adresse COUNT TYPE.
```

Puisqu'il est possible de faire des sorties de caractères un peu particulières, vous devez bien vous douter que la réciproque doit être vraie. Et il existe en effet le mot réciproque de EMIT qui est KEY. Ce mot attend un caractère frappé au clavier du terminal et place son code ASCII au sommet de la pile. KEY s'utilise de la façon suivante :

```
KEY retour chariot puis attente du caractère.
```

Le fait de frapper un caractère en réponse à KEY ne fait pas afficher ce dernier sur l'écran. Pour vérifier le fonctionnement de KEY vous pouvez donc faire (après avoir vidé la pile si nécessaire) :

```
KEY retour chariot C
```

et vous verrez alors s'afficher 43 si vous travaillez en hexadécimal ou 67 si vous étiez en décimal. Dans ce cas comme dans l'autre, il s'agit du code ASCII de la lettre C.

L'utilisation conjointe de KEY et d'EMIT permet quelques fantaisies ; ainsi pour connaître le code ASCII exprimé en décimal et en hexadécimal d'un caractère quelconque, il suffit de faire :

```
: ASC
KEY DUP DUP CR EMIT HEX . DECIMAL. ;
```

qui s'utilise de la façon suivante :

```
ASC retour chariot puis attente de caractère ; la frappe de celui-ci fait alors afficher le caractère suivi de son code ASCII en hexadécimal puis en décimal ; ainsi :
ASC retour chariot A (A n'est pas affiché sur cette ligne) donne A 41 65.
```

Le mot réciproque de TYPE existe aussi en entrée et permet de placer en mémoire les codes ASCII d'une chaîne de caractères frappée sur le clavier du terminal. Il s'agit de EXPECT.

EXPECT utilise deux valeurs qui doivent être contenues sur la pile : l'adresse de début de la zone de RAM où devront être rangés les codes ASCII des caractères et la longueur maximum de la chaîne. Aucune valeur n'est fournie en retour sur la pile. Lors de son exécution EXPECT attend que vous frappiez les caractères jusqu'à ce que :

— soit vous frappiez un retour chariot qui est alors interprété comme une fin de chaîne et qui n'est pas codé en mémoire.

— soit vous arriviez à la longueur maximum spécifiée pour la chaîne. Attention, EXPECT termine toutes les chaînes placées en mémoire par un octet nul (00) dont il faut prévoir l'existence lorsque vous spécifiez une adresse de rangement de la chaîne en mémoire. Vous n'avez, en revanche, pas à tenir compte de cet octet dans l'indication de longueur de chaîne, c'est automatique.

Voici un petit exemple d'utilisation de EXPECT et TYPE montrant bien que ces mots se complètent :

```
HEX 600
DECIMAL
15 CR EXPECT
123456789012345OK (le OK est affiché «de force» par le système)
HEX 600 10 DUMP
 600 31 32 33 34 35 36 37 38 39 30 31 32
33 34 35 0
```

Vous constatez donc bien que les codes ASCII des chiffres frappés ont été placés en mémoire à partir de l'adresse 600. Vous pouvez alors utiliser TYPE pour faire afficher les chiffres dont les codes ont été placés en mémoire :

```
HEX 600
DECIMAL
15 CR TYPE
123456789012345OK
```

Remarquez qu'aucun formatage de la sortie n'est réalisé puisque TYPE se borne à faire afficher la suite de codes ASCII rencontrés en mémoire. Le dernier mot dont nous parlerons dans le cadre de ces entrées/sorties est ? TERMINAL. Ce mot teste le clavier du terminal et fournit un indicateur vrai (c'est à dire égal à 1) sur la pile si une touche quelconque a été actionnée. Pour le vérifier, bloquez le système jusqu'à la frappe d'une touche avec :

```
: TOUCHE? BEGIN ?TERMINAL UNTIL ;
```

que vous ferez exécuter en frappant simplement :

```
TOUCHE?
```

Il y aurait encore beaucoup à dire sur le Forth car ces quelques articles d'initiation ne nous ont pas permis de passer en revue tous les mots d'un vocabulaire très riche. Les circonstances exposées, par ailleurs dans ce numéro, nous contraignent à en rester là mais nous souhaitons néanmoins vous avoir donné une idée assez exacte de ce qu'était le Forth et, peut-être, l'envie de continuer l'étude de ce langage passionnant. Si tel est le cas, sachez que vous possédez l'essentiel des bases et que vous pouvez donc aborder la lecture de n'importe quel ouvrage sérieux. ■

C. Tavernier

Composants robotiques

MOTORÉDUCTEURS A COUPLE ÉLEVÉ

Motor Model distribue parallèlement aux petits réducteurs des modèles d'une qualité supérieure, beaucoup plus onéreux également (1000 F environ). Il s'agit de réducteurs silencieux avec pignons d'attaque en céloron, pignons de sortie en acier à 100 kg/mm². Le couple de sortie maximal est de 15 Nm. Le rapport de réduction sera compris entre 1/25 et 1/22500. Les axes de ce réducteur sont montés sur paliers bronze. Le diamètre de l'arbre de sortie est de 12 mm, les flasques mesurent 100 mm × 70 mm et l'épaisseur 26 mm. Le moteur, à courant continu, est monté sur roulements à billes et présente un couple de 5 Ncm, pour une vitesse nominale de 3000 t/mn. Ce type de réducteur peut motoriser des engins mobiles capables de véhiculer des charges de plus de 40 kg.

Service lecteur : cerclez 13

NOUVELLE GAMME DE MOTORÉDUCTEURS

Motor Model renouvelle sa gamme de réducteurs et propose maintenant 13 variantes de motoréducteurs, issues des réducteurs de bases MR1, MR2, rectangulaires et MR3, le planétaire Saturne. Un plus grand choix de moteurs est offert pour les réducteurs, notamment pour le MR2 qui dispose désormais de plusieurs entr'axes de fixation. Choix de plusieurs moteurs, cela signifie choix de plusieurs tensions d'alimentation. Ainsi, on pourra utiliser le réducteur planétaire avec des moteurs basse tension alors que, jusqu'à présent, on se limitait au RS 385. Cette basse tension facilite l'emploi du motoréducteur sur des systèmes alimentés par accumulateurs. Notons également la possibilité d'entraînement par moteurs à très basse tension pour batteries solaires.

Service lecteur : cerclez 14

DECOUPAGE

Les alimentations miniatures à découpage de la série 200 Z de Sprague sont disponibles en une ou deux tensions de sortie (de 12 à 250 V) pour des puissances de 12 W : elles ne mesurent que 64 × 38 × 23 mm

Service lecteur : cerclez 15

L'EFFACEUR

L'effaceur d'Eprom à U.V. «Charly» se compose d'un boîtier en aluminium anodisé muni sur le dessus d'une ouverture tiroir ; l'appareil contient une carte électronique format Europe et une lampe UV de 4 W. Un support en alu permet de placer dans ce boitier jusqu'à 5 Eproms simultanément. En face avant se trouve une lampe témoin (LED), une touche départ cycle, un bouton de réglage pour la minuterie électronique. Cet appareil est commercialisé pour un prix inférieur à 500 Francs.

Service lecteur : cerclez 16

electro-puce

LECTEURS SLIM LINE BASF

	prix T.T.C.
– disquette 3.5" : 6162 : 67,5 TPI 500 Ko	2.150,00
6164 : 135 TPI 1 Mo	2.550,00
– disquette 5.25" 6128 : 48 TPI 500 Ko	2.150,00
6138 : 96 TPI 1 Mo	2.550,00

ÉCRANS

	prix T.T.C.
– ZENITH vert 80 col.	1.000,00
– MICROVITEC couleurs	5.000,00

–20%

DE REMISE
SUR LES PRODUITS EN STOCK
A L'OCCASION
DE NOTRE

1er Anniversaire

L'EPX
COMPATIBLE IBM PC

1.500,00 F T.T.C.

La carte comprenant :
- L'unité centrale
- Le contrôleur de FLOPPYS
- La mémoire 256 K

CLAVIERS CAPACITIFS ALPHANUMERIC

	prix T.T.C.
– 63 touches	923,00
– 83 touches (pavé numérique)	1.323,50
– 117 touches (touches fonctions)	1.838,50

IMPRIMANTES

	prix T.T.C.
– Gemini 10 x - 120 CPS	4.200,00
– Delta 10 - 160 CPS	6.700,00
– Radix 10 - 200 CPS	9.900,00
– M 18 marguerite	5.800,00

4, rue de Trétaigne 75018 PARIS M° Jules Joffrin Tél. : (1) 254.24.00

Heures d'ouverture : 9 h 30-12 h - 14 h-18 h 30 du lundi au samedi

80186 et 80188

INTEL Corporation nous informe que SIEMENS va bientôt fabriquer et commercialiser le microprocesseur 16 bits 80186 ainsi que le 80188, version à bus 8 bits du 80186.

Les 80186 et 80188 sont des versions perfectionnées et hautement intégrées des 8086 et 8088 et associent sur une seule puce 20 composants périhériques. Ils ont été conçus pour offrir des solutions à coût très intéressant dans les applications des postes de travail informatiques, le contrôle de disques et d'imprimantes, le contrôle industriel et les télécommunications.

Service lecteur : cerclez 210

MICROCONTROLEURS

RTC enrichit son catalogue dans le domaine des microcontrôleurs 16 bits par l'échantillonnage de nouveaux circuits périphériques au 68000 :

— Deux contrôleurs de disque : le 68454 IMDC (contrôleur de disques multiples pour disques souples et durs) et le 68459 DPLL (double PPL digital).

— Communication de données : le 68562 DUSCC (contrôleur de communication universel deux canaux).

— Contrôleurs d'accès mémoire : le 68905 BMAC (contrôleur minimal 16 bits), le 68910 MAC (contrôleur 16 bits), le 68920 MAC (contrôleur 32 bits).

— Circuits d'interface pour bus sur cartes standard : le 68171 (VMS bus contrôleur), le 68173 (VMS bus contrôleur), le 68172 (VME bus contrôleur), le 68175 (VME bus contrôleur), le 68154 (générateur d'interruption) et le 68155 (contrôleur d'interruption).

Service lecteur : cerclez 211

SANS CONTACT

Un nouveau capteur de mesure mis au point par SOPELEM, Proxima, vient d'être mis sur le marché. Cette nouvelle sonde mesure sans contact la proximité d'un objet. La mesure est réalisée par une méthode de triangulation optique grâce à un faisceau infrarouge dont l'impact est observé obliquement. La mesure est visualisée en centième de mm sur l'unité microprocesseur et est également disponible sous forme analogique et digitale. Distance moyenne de mesure : 50 mm. Précision absolue : 0,2%. Résolution de 0,025%. Ce nouveau produit trouvera sûrement sa place dans de nombreuses applications industrielles.

Service lecteur : cerclez 212

IMPLANTATION SUR VME

Première implantation du logiciel UNIX System-V sur cartes VMS bus/6800, réalisée par Philips. Cette implantation est réalisée avec des cartes et des disques spécifiques :

— contrôleur système (PG2900),
— CPU 8 MHz avec MMU (PG 2021),
— 2 cartes mémoire 256 Ko (PG 2200),
— contrôleur disque (PG 3100) pouvant supporter jusqu'à 4 unités floppy et Winchester,
— contrôleur 4 liaisons V24,
— Winchester 20 Mo,
— floppy 1 Mo.

L'ensemble est ensuite intégré dans un module de base, le PG 9000 qui comprend :— 1 fond de panier VME bus 7 slots,
— 1 alimentation 5 V (20 A) + et − 12 V (6 A),
— 1 ventilation,
— 2 emplacements pour floppy et winchester. Le prix de la configuration pour 5 utilisateurs est de 143 000 F H.T. Disponibilité à partir de février 1985.

Service lecteur : cerclez 213

SUPERMICRO

Un nouveau produit Perkin-Elmer vient de sortir : le "Supermicro 7350A". C'est un micro-ordinateur multiposte (de 1 à 5 utilisateurs) conçu pour les OEM et les distributeurs utilisant UNIX. Ses performances de traitement d'entrée/sortie sont très rapides (double bus, à haute vitesse, processeur 8 MHz). Il dispose d'une mémoire de 512 Ko extensible à 3 Mo et supporte un disque fixe de 15 ou 28 Mo, une unité disque souple, une option graphique monochrome ou couleur et une option bus IEEE 488.

Le logiciel standard proposé sur le 7350A est tout particulièrement destiné aux développeurs d'applications. Outre le langage C, les langages de programmation comprennent le FORTRAN 77, le Basic plus, RM/COBOL et SIBOL. Les logiciels d'applications proposés sont au nombre de trois :

— traitement de texte LEX,
— tableau SUPERCOMP TWENTY,
— base de données personnelle RECORD KEEPER.

Enfin, le 7350A peut-être connecté à Ethernet. Du nouveau également dans les superminis 3200. Perkin-Elmer annonce la sortie de nouveaux produits élargissant la gamme des superminis 3200 qui, actuellement, s'étend du 3205 au 3250XP.

Service lecteur : cerclez 214

PROCESSEUR NCR

Mise au point du premier processeur parallèle à architecture systollique sur une seule puce à très haute intégration, appelé NCR GAPP (Géométric Arithmetic Parallel Processor). Le GAPP a été réalisé par NCR en collaboration avec la Société MARTIN MARIETTA Aérospace. Il est constitué par : 72 processeurs par grille systollique en technologie CMOS sur un pingrid à 84 pattes en boîtier céramique. Principales caractéristiques : chaque processeur est architecturé en arrangement matériel 6 × 12 ; possibilité de mise en cascade de chaque puce ; 128 bits de RAM statique par processeur ; VLSI double couche ; 500 milliwatts à 10 MHz.

Le GAPP est un processeur universel destiné au traitement en temps réel d'un grand nombre d'applications et principalement la reconnaissance des formes et le traitement d'image.

La société FUTUR IDS, distributeur national de NCR France, commercialise le GAPP en France.

Service lecteur : cerclez 215

GRAPHIQUE

Plessey Microsystems nous informe de l'arrivée dans sa gamme de cartes "VME" d'un sous-système graphique haute résolution, le PMEGDC-1. Ce sous-système permet à tout système d'ordinateur relié à un bus "VME" de générer et d'afficher une combinaison d'éléments graphiques et alphanumériques sur un moniteur couleur haute résolution. Il comprend différentes cartes communiquant entre elles au moyen d'un bus de contrôle local, le bus "X" :

— une carte maîtresse PME GDC-1 M comportant trois tables de correspondance "couleur" d'une capacité de 2 K × 8 et trois convertisseurs "Analogique/Digital",
— une, deux ou trois cartes asservies PMEGDC-15, chaque carte étant composée d'un processeur graphique "NEC 7220", d'une mémoire RAM vidéo de 512 ou 2048 octets, d'un contrôle de timing vidéo et d'une logique de zoom.

Service lecteur : cerclez 216

OSEZ LES DEMANDER !

Les premiers numéros
de Micro & Robots sont encore disponibles, vous y trouverez tout ce que vous avez toujours voulu savoir
sur la micro et les robots sans oser le demander !

Rubriques/Articles	N°
INITIATION :	
— La logique des états : les fonctions de base	1
— La numération : opérations et codes	2
— Le microprocesseur 6502 : présentation, programmation, applications, interfaçage	1, 2, 3, 4
— Algèbre de Boole : la dualité, les conventions, les symboles	3
— La programmation : structure d'un micro-ordinateur, les outils, le Basic : (1re, 2e, 3e, 4e, 5e, 6e et 7e partie)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10
— La logique : la fonction mémoire	4, 5
les bascules synchrones	6
décodeurs et multiplexeurs	7
synthèse de systèmes combinatoires,	9
synthèse d'un automate séquentiel,	10
synthèse d'un automate séquentiel complexe,	12
les registres à décalage	14
— Un programme : le Master Mind	9
— Un programme d'apprentissage pour ordinateur	7
— Les systèmes automatisés	8
— Le langage «C»	10
— Le Forth (1re, 2e, 3e, 4e et 5e partie)	11, 12, 13, 14, 15
— Le langage PL/1	13
— Le Lisp	15
TECHNOLOGIES :	
— Du côté de l'infrarouge : les photo-capteurs	1
— Les microprocesseurs monochip	2
— La télémétrie à ultrasons à travers le kit Polaroid	2
— Les capteurs à effet Hall et les magnétorésistances	3
— L'œil du robot : la vision artificielle, exemple du système Ulysse	3, 5
— Les moteurs pas à pas : principe et commande	4
— Les détecteurs de proximité inductifs	4
— Logiciel contre matériel	5
— Les liaisons série	5
— Les servo-mécanismes	5
— La norme RS 232	6
— La commande de moteurs C.C.	6
— La synthèse vocale	7
— Les systèmes informatiques	11
— Les capteurs C.C.D.	11
— Les procédures de traitement de l'image	11
— L'Intelligence Artificielle	11
— Les disquettes et leurs lecteurs	10, 11
— La commande de moteurs par A.O.P.	13
— Structure et commande des moteurs pas à pas	14, 15
— Bus : quels standards ?	14
— Le 68705, coté logiciel (1re, 2e et 3e partie)	13, 14, 15
— Les ultra-sons et la reconnaissance de formes	14
— Les ASICS	15
— Une roue programmable ?	15
RECHERCHE :	
— Grenoble : la recherche	5
— L'algorithme S.E.M. de reconnaissance des nombres	6
— L'intelligence artificielle (1re et 2e partie)	4, 6
— Toulouse : la recherche	7, 8
— La recherche au LIMSI d'Orsay	14
REALISATIONS :	
— Un détecteur d'obstacle à infrarouge	1
— Une alimentation ininterruptible	1
— Un programmateur temporel universel	1
— Un codeur incrémental	2
— Un programmateur de microprocesseur monochip (68705)	2
— Trois améliorations pour le ZX 81	2
— Le robot bâtisseur : 1re, 2e, 3e partie	2, 3, 4
— Un détecteur d'inclinaison	3
— Un transmetteur téléphonique automatique (à base de 68705)	3
— Une sonnette musicale à microprocesseur (TMS 1000)	3
— Une «moustache» photosensible	4
— Une serrure à microprocesseur	4
— Une alimentation triple	4
— Une interface pour Oric 1	5
— Un circuit de commande d'un servo	5
— Un modem universel (1re et 2e partie)	5, 6
— Une interface parallèle universelle	6
— Un synthétiseur vocal	7
— Une interface parallèle/série	7
— Le Cybernoïd (1re et 2e partie)	6, 7
— Un automate programmable (1re et 2e partie)	8, 9
— Un capteur opto-électronique	9
— Une alimentation à découpage	8
— Un microtimer (1re et 2e partie)	9, 10
— Un transmetteur de données par secteur	10
— Une interface série pour Oric 1 et Atmos	10
— Un senseur tactile X.Y	10
— Une commande de moteurs C.C.	10
— Un codage optique pour moteurs	11
— Une interface série-parallèle	11
— Votre micro Forth	11,12
— Un bras de robot à moins de 500 F	12, 13
— Un programmateur d'Eproms	12, 13
— Un terminal «vidéo» (1re et 2e partie)	14, 15

(Suite au verso)

OSEZ LES DEMANDER !

(Suite de la page précédente)

TEST :

— Le robot Hero 1 1
— Le robot Multisoft 2
— Le micro-ordinateur Hector HRX 3
— La carte d'interface ORES pour Oric 4
— Le robot Topo d'Androbot 5
— La table xy Graphtec MP 1000 5
— L'ordinateur portable Sanco TPC 8300 5
— Le bras Hikawa HX 3000 6
— Les Movit Elehobby 6
— Comparatif de trois tables à digitaliser 7
— Le micro portable Epson HX 20 7
— Le micro-ordinateur français EXL 100 7
— Le terminal Microscribe 8
— L'imprimante Colortrace 8
— Comparatif de trois automates programmables 8
— Le micro Thomson MO 5 9
— L'Oric Atmos et son lecteur de micro-disquettes 9
— L'Acorn Electron 9
— La Brother EP 44 10
— Le robot Cyber 10
— Le synthétiseur vocal Synthé 2 10
— L'Apple II C 11
— Le QL Sinclair 11
— Le logiciel Monasm 11
— Le bras Z.M.C.C.S. 111 12
— La table traçante Busiplot 12
— Le modem Buzzbox 13
— L'ordinateur portable Tandy TRS 80 4 P 13
— Une table XY en kit 14
— Le programmateur d'Eproms P9030 14
— L'interface Mini V24 14
— Cartes d'extension pour Oric 14
— La tortue T-kit 15
— Le P.C. Wang (matériel et logiciel) 12, 15
— Le portable Sord IS.11 15
— Text Tell 15

MAGAZINE

— La robotique en France 1
— Qu'est-ce qu'un robot ? 1
— Les robots du Nord 3
— La formation vue par Terel 4
— Un robot et une table traçante en Lego 4
— Les robots de Las Vegas 4
— Albuquerque : le 1er salon mondial de la robotique personnelle 7
— Les robots vus par nos enfants 8
— Perspectives des Cybernoïd 8
— Les robots du métro 8
— Les robots selon la C.F.D.T. 8
— La robotique en Grande Bretagne 9
— Le festival des Robots 9
— Le Sicob 84 11
— La machine de Turing 12
— Entretien avec H. Curien, Ministre de la Recherche 12
— METRA : Un système expert de prédiction d'avalanche (1re et 2e partie) 13, 14
— Les robots dans la littérature de loisir 13

INDUSTRIE

— Asea : rencontre du leader européen de la robotique industrielle 5
— Grenoble robotique : AID, ITMI, Merlin-Gérin 6
— Toulouse : les produits du transfert recherche/industrie 8
— L'état de la robotique selon l'AFRI 8
— L'offre française de robots 8
— Le langage de programmation LM 8
— La France et les Robots Autonomes Multiservices 8
— Midi-robots : une société à vocation de transferts 8
— Trois robots français de formation 8
— Tour d'horizon de la robotique agricole 8
— Les projets de robots domestiques de Renault 8
— Detroit : l'exposition internationale Robots 8 9
— Les produits de Productique 84 9
— Barras Provence : la voie de la robotique 10
— Vision : l'exemple d'I2s 11
— Les systèmes de vision 11
— Les moteurs C.E.M. 11
— Les robots Rhino 11
— Robotique et PMI 12
— Le FIM : l'aide à l'investissement 12
— L'ingénierie vue par Bertin 12
— Le CESI et la formation permanente 12
— Transfert : l'exemple de la micro-caméra Micam 12
— Le colloque d'I.A. de Marseille 13
— La robot-chirurgie : un micromanipulateur 13
— Histoire de Spartacus 13
— Le système Zymate 13
— Le système Lasarray 14
— Les capteurs de proximité et de contact 14
— La simulation de la conduite des process 14
— Les robots Microbo 15
— Dialog 15
— Reconnaissance et synthèse de la parole 15
— Compte-rendu de l'AMES 15
— La technologie des mémoires à bulles 15

BON DE COMMANDE DES PRECEDENTS NUMEROS

Il est indispensable de remplir et de retourner les deux parties du bon ci-dessous et de mettre une croix dans la case du numéro demandé.

MICRO et ROBOTS
2 à 12, Rue de Bellevue - 75940 Paris Cedex 19

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
N° demandé(s) : ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
Je règle la somme de ..... F
(prix d'un numéro : 17 F)
par ☐ Chèque bancaire ☐ Mandat ☐ Chèque postal *(sans n° de compte)*

Nom, Prénom : .....
N° et rue : .....
.....
Code postal ☐☐☐☐☐ Ville : .....

MICRO et ROBOTS
2 à 12, Rue de Bellevue - 75940 Paris Cedex 19

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
N° demandé(s) : ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
Je règle la somme de ..... F
(prix d'un numéro : 17 F)
par ☐ Chèque bancaire ☐ Mandat ☐ Chèque postal *(sans n° de compte)*

Nom, Prénom : .....
N° et rue : .....
.....
Code postal ☐☐☐☐☐ Ville : .....

ROBOT C.S.111

Le ROBOT C.S. 111 est spécialement étudié pour simuler des automatismes industriels, servir de matériel pédagogique pour l'enseignement de la robotique et la recherche, ou pour constituer le manipulateur que pilotera votre micro-ordinateur. La conception matérielle et logicielle «TOUT EN UN» rend particulièrement attrayante et performante la commande du ROBOT C.S.111. La carte électronique, équipée d'un Z 80® - 4 MHz, située dans le socle dispose de trois emplacements mémoire (type 2732) permettant de mémoriser sur EPROM des opérations répétitives et de faire fonctionner le ROBOT C.S. 111 de manière autonome. Les 11 commandes de base, intégrées dans le logiciel, permettent une utilisation aisée et immédiate dès que le robot est connecté à un système.

SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES

- 5 degrés de liberté. 6 moteurs pas à pas.
- Charge du bras : 500 g. Entraînement par chaînes (par câble pour la main).
- Autotest intégré.
- Langages : BASIC, ASSEMBLEUR, FORTH ou autre.
- Interface « CENTRONICS ».
- Enregistrement de 600 positions.
- Temporisation - Sélection de 5 vitesses.
- Alimentation : 220 V, 62 W, 50/60 Hz.

Prix : 16 950 F TTC - Port en sus.

ZMC

ZMC B.P. 9
60580 COYE-LA-FORET

ET POUR EN SAVOIR PLUS, UN TÉLÉPHONE : 16 (4) 458.69.00

Service lecteur : cerclez 111

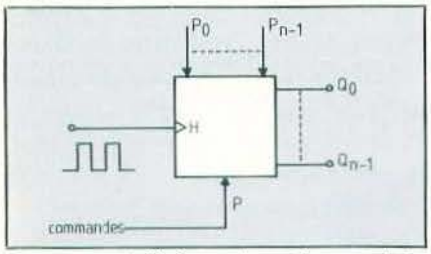
TECHNIQUES VISUELLES 348.02.14

LOGIQUE

Les systèmes automatisés, qu'ils soient câblés, microprogrammés ou programmés, utilisent de façon quasi systématique des compteurs, citons, par exemple :
— les compteurs d'objet dans les automates industriels,
— les compteurs de temps dans les temporisateurs (timers),
— les compteurs-programme dans les systèmes micro-programmés et programmés.
La diversité des circuits commercialisés, la diversité des applications, la position clef des compteurs dans l'architecture des systèmes font que la fonction comptage mérite une étude détaillée, que l'on soit côté matériel ou que l'on soit côté logiciel.

La fonction comptage

Un compteur est un système possédant (figure 1) :



— une entrée H dynamique de type série, positive ou négative
— n sorties Qi de type parallèle,
— p broches de commandes, diverses (Set, Reset, Carry, etc.),
— éventuellement n entrées Pi de type parallèle permettant un prépositionnement.

LES COMPTEURS

Ce circuit compteur fournit, sur ses sorties, autant de combinaisons différentes qu'il y a eu d'impulsions à l'entrée, dans la limite de la capacité du compteur et dans un code propre au circuit. Si le code utilisé pour cette suite de combinaisons est, par exemple, le binaire naturel, nous pourrons faire la distinction entre :
— circuits compteurs où la combinaison de sortie va croissant,
— circuits décompteurs où la combinaison de sortie va décroissant.
Cette suite de combinaisons peut démarrer à la combinaison 0 ou, si le compteur est muni d'entrées de prépositionnement, à partir de toute combinaison affichée sur ces entrées.

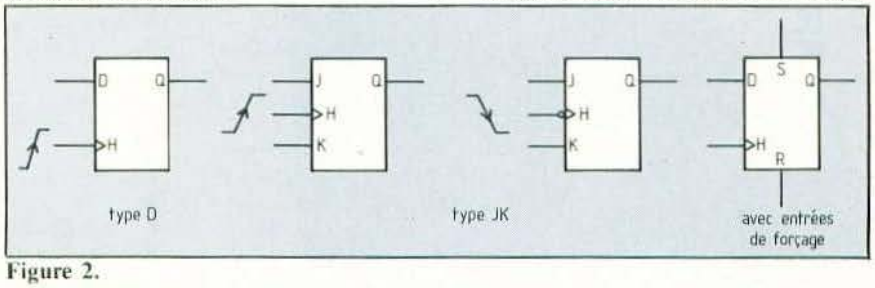


Figure 2.

Classification des compteurs

On peut tout d'abord classer les divers compteurs suivant leur principe :
— compteurs asynchrones, eux-mêmes divisés en rebouclage asynchrone et rebouclage synchrone,
— compteurs synchrones,
— compteurs-décompteurs (asynchrones ou synchrones) souvent appelés UP/DOWN counters.
On peut ensuite les classer suivant leur technologie à savoir :
— TTL, TTL L/S et FAST
— C/MOS B et HMOS (ou CMOS rapide)
— MNOS ou compteurs non volatiles (NOVOL).
Par ailleurs, suivant justement la technologie, nous trouverons des compteurs MSI (Median Scale of Integration) ou LSI (Large Scale of Integration)

L'élément de base des compteurs

C'est une bascule à entrée dynamique soit

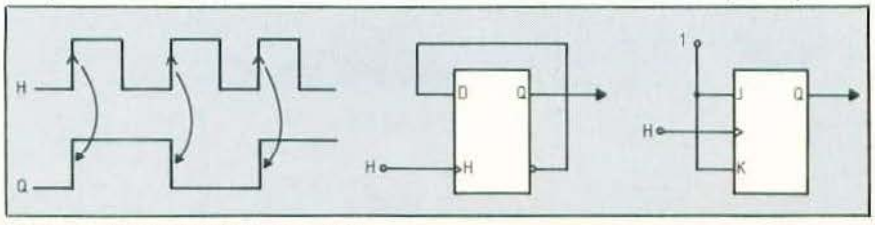
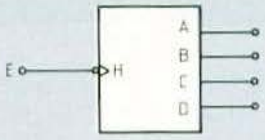


Figure 3. Structure diviseur par 2.



n° du flanc sur E	sorties D	C	B	A
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

Figures 4a et 4b.

de type D soit de type JK (voir *Micro et Robots* n° 6). L'entrée dynamique peut être (figure 2) positive, elle est alors sensible à une transition LH ou ⌜, elle peut-être négative (présence d'une bulle sur le symbole) elle est alors sensible à une transition HL ou ⌞.

Enfin, cette bascule peut être munie d'entrées de forçage asynchrones S (pour la mise à 1) et R (pour la mise à 0).

Ces bascules peuvent être utilisées dans la structure appelée diviseur par 2 (figure 3). Le terme diviseur par 2 tient au fait que la fréquence de Q est celle de H divisée par 2.

COMPTEURS ASYNCHRONES

La terminologie anglaise est ripple-counters. Le déclenchement périodique s'applique sur la première bascule, le déclenchement des suivantes se fait de proche en proche, la sortie de la bascule n étant appliquée sur l'entrée d'horloge de la bascule n + 1. Ce type de compteurs conduit en général à une réalisation simple. Mais, en revanche, il possède des inconvénients : un retard important par rapport à l'impulsion d'horloge (proportionnel à n environ) et des aléas, c'est-à-dire des combinaisons fugaces non souhaitées.

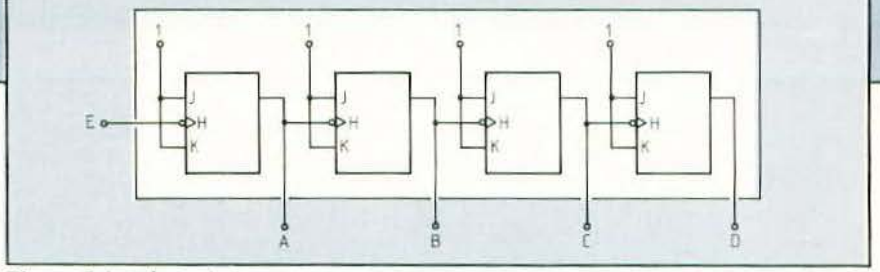
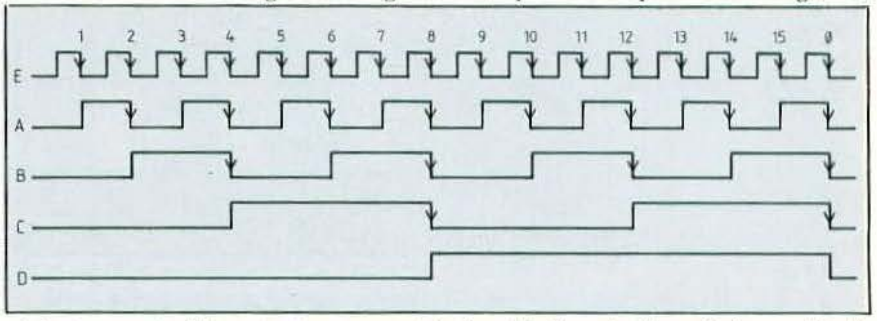


Figure 5 (au-dessus). Figure 6. Diagramme temporel correspondant à la figure 5.



Compteur binaire 16 positions

Soit à réaliser un composant à une entrée dynamique négative H et 4 sorties, A, B, C, D (figure 4a). Les sorties évoluent en fonction des transitions HL ou ⌞ ainsi que l'indique le tableau de la figure 4b. On remarquera que le code utilisé est le binaire naturel sur 4 bits. La figure 5 montre une architecture utilisant 4 bascules JK, puisque 4 variables secondaires sont nécessaires pour coder 16 états différents ($2^4 = 16$). Chaque bascule est un diviseur par 2 et le diagramme temporel obtenu est celui de la figure 6. En réalité, si nous y regardons de plus près, chaque bascule a un temps de propagation tp HL ou tp LH non nul (figure 7). Ce retard entre la sortie et l'entrée d'une bascule entraîne sur certaines transitions des aléas de fonctionnement, c'est-à-dire l'apparition fugace de combinaisons non souhaitées. Ainsi, sur la figure 8, si nous détaillons le diagramme temporel lors du 8e flanc d'entrée, nous voyons que le mot de sortie DCBA passe par les équivalents décimaux :

7 7 6 4 0 8
retard aléa

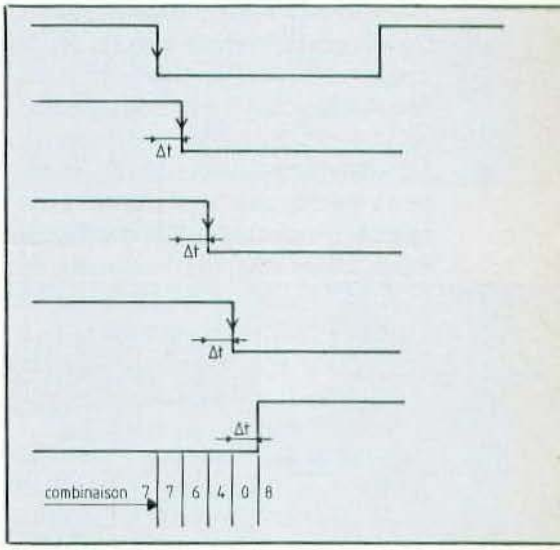


Figure 8.

ce compteur nous amène donc 3 aléas ou combinaisons non souhaitées pour la 8e transition. Une étude portant sur d'autres

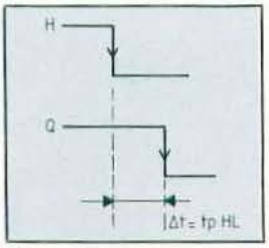


Figure 7.

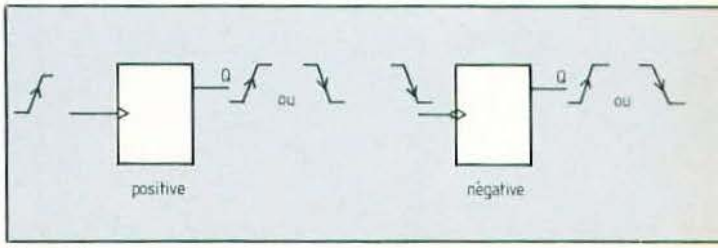
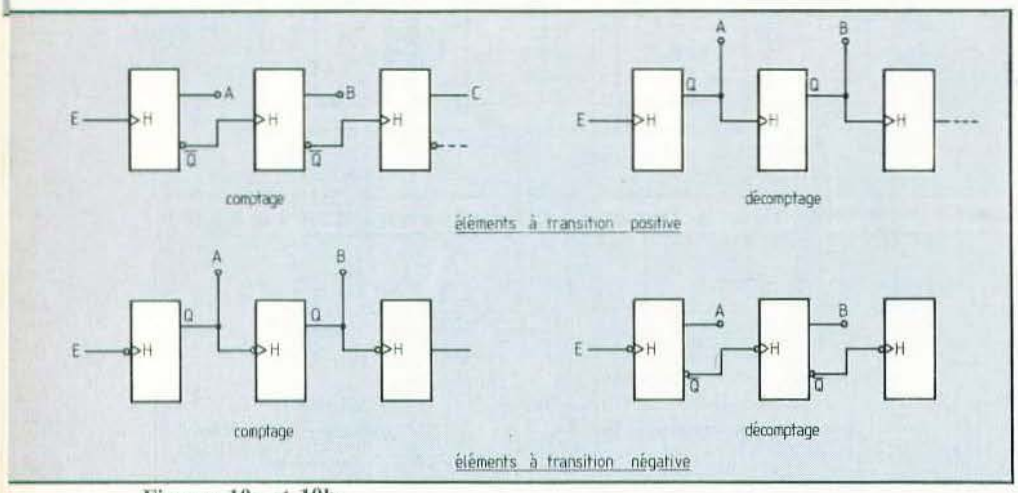


Figure 9.



Figures 10a et 10b.

transitions nous montrerait la présence d'aléas chaque fois que 2 bascules changent d'état. Suivant la nature de l'application envisagée, ce phénomène peut être gênant, ou au contraire n'avoir aucune incidence.

Comptage et décomptage

On a vu que l'élément de base des compteurs est un élément qui change d'état sur une transition d'horloge. Cette transition peut être positive ou négative (figure 9). Suivant la façon dont on cascade ces éléments, on fera du comptage binaire (on progresse vers des nombres toujours supérieurs) ou du décomptage binaire (on progresse vers des nombres inférieurs). En effet, on peut cascader 2 bascules de 2 façons différentes en mode asynchrone :

— la sortie Q d'une bascule attaque l'entrée d'horloge de la suivante,

— la sortie Q (complémentaire) d'une bascule attaque l'entrée d'horloge de la suivante.

Suivant, d'une part, la façon de cascader et, d'autre part, la nature positive ou négative des entrées d'horloge, on réalisera des compteurs ou des décompteurs (voir figures 10 a et 10b).

On peut vérifier le fonctionnement sur un diagramme temporel, la figure 11 montre les 2 modes obtenus en reliant la sortie Q à une horloge soit négative (11a), soit positive 11(b).

Utilisation d'entrées de forçage

En exploitant les entrées de forçage S ou R des bascules utilisées, on peut disposer d'une mise à 1 ou d'une mise à 0 (cette dernière étant beaucoup plus fréquente)

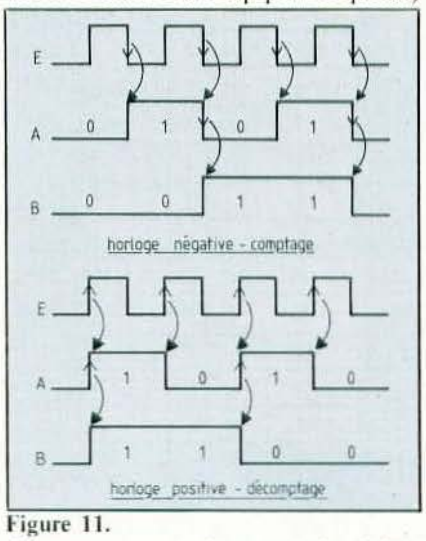
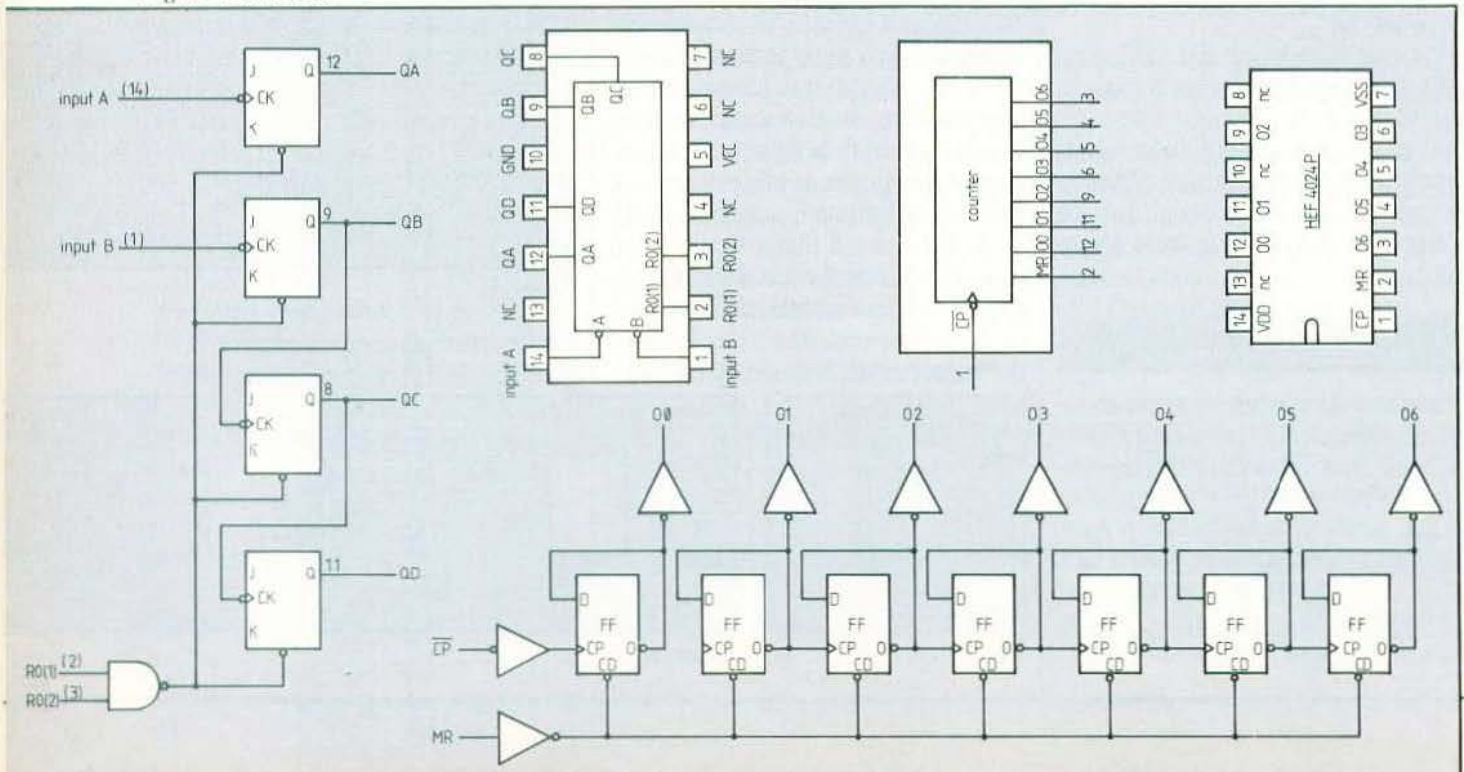


Figure 11.

du compteur. Les deux exemples industriels de la figure 12 illustrent cette possibilité : le compteur binaire 4 bits 7493 (ou LS) (figure 12a) en technologie TTL et le

Figure 12a et 12b.



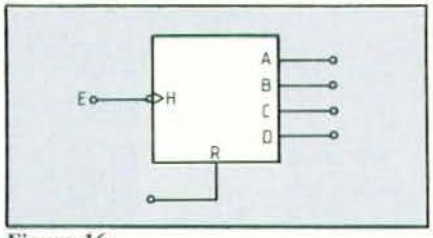


Figure 16.

compteur binaire à 7 étages 4024 en technologie C/MOS (figure 12b).

Notons que le compteur TTL est en réalité un compteur de 2 suivi d'un compteur de 8 puisque la première bascule est indépendante. En compteur de 16, il faudra relier Q_A à input B.

Rebouclage asynchrone, interruption du comptage

Les entrées de forçage, lorsqu'elles sont reliées en parallèle permettent, on vient de le voir, un positionnement simultané et

bascule	entrée	reliée à
A	J	1
	K	1
	H (↓)	E
B	J	$\overline{D}$
	K	1
	H (↓)	B
C	J	1
	K	1
	H (↓)	B
D	J	B.C
	K	1
	H (↓)	A

Figure 18.

asynchrone (c'est-à-dire indépendant de H) de toutes les bascules du compteur. On peut activer cette fonction

— à l'aide de signaux extérieurs : Ro(1) et Ro(2) pour le 7493 ou MR pour le 4024.

— à l'aide d'une combinaison interne du compteur ce qui aura pour but de provoquer, pour cette combinaison, une interruption de comptage (ou de décomptage). A titre d'exemple, utilisons le compteur TTL 7493 pour réaliser une décade de comptage, c'est-à-dire un compteur à 10 combinaisons de sortie. La table de combinaison des sorties est donnée figure 13. Seules les 10 premières combinaisons : de 0000 à 1001 doivent être disponibles sur les sorties. De ce fait, la combinaison 1010 doit être remplacée par la combinaison 0000, c'est ce que l'on appelle le rebouclage.

Pour ce faire, il suffit donc d'activer la remise à zéro (RAZ ou R) des bascules avec la combinaison B.D puisque le rebouclage doit se produire lorsque, pour la première fois, B et D valent 1.

N° du flanc sur E	D	C	B	A
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0

activation de RAZ

Figure 13.

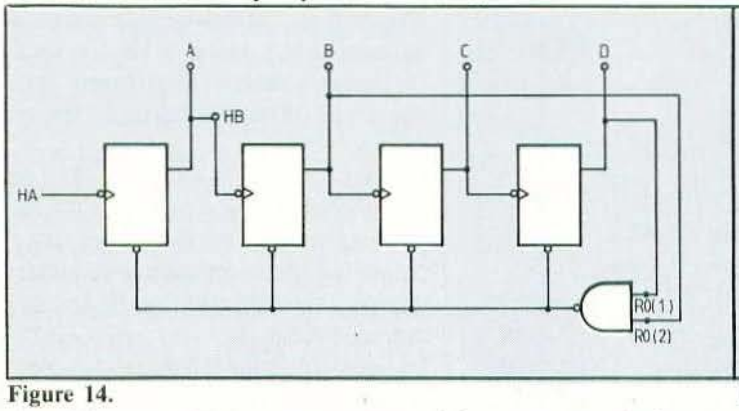


Figure 14.

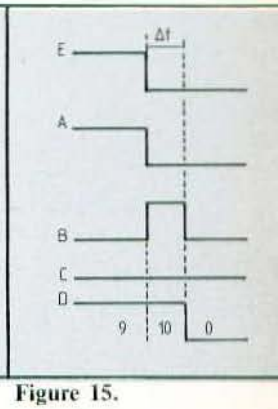


Figure 15.

Si les entrées de remise à zéro sont négatives (actives par un 0) comme sur le 7493 on utilisera, bien sûr, un ET à sortie négative (NAND) soit $\overline{B.D}$. On obtient donc le logigramme de la figure 14 où le 7493 se suffit à lui-même, aucun composant extérieur n'étant nécessaire.

Cette méthode est donc, on le voit, très simple et très pratique; hélas elle génère un aléa supplémentaire puisque la combinaison non souhaitée, utilisée pour le rebouclage, est présente sur les sorties durant un temps égal au temps de réponse des bascules (et du réseau combinatoire utilisé) activées par leur entrée R. Le diagramme temporel de la figure 15 montre cet aléa.

Rebouclage synchrone

Lorsque l'on veut réaliser un compteur délivrant un nombre de combinaisons différent d'une puissance de 2, on peut également utiliser les entrées de programmation D, J ou K des bascules pour programmer au moment souhaité, un 0 ou un 1.

Figure 17. Diagramme temporel correspondant à la figure 16.

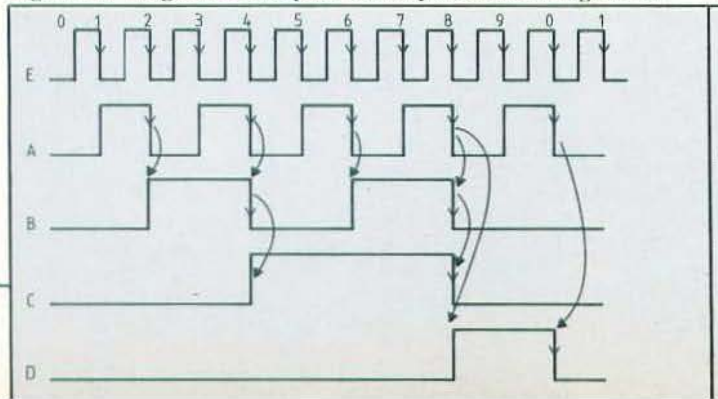
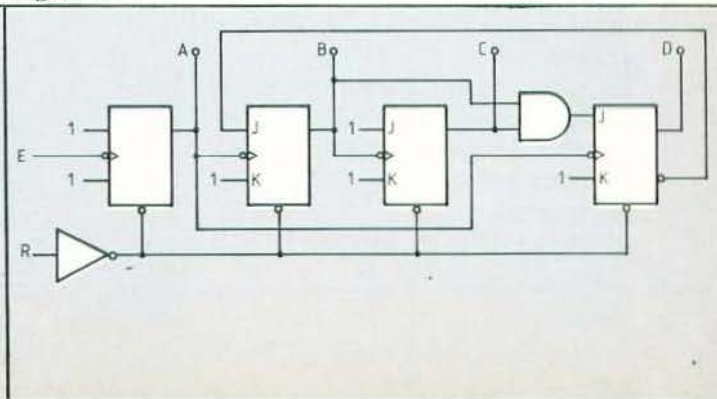


Figure 19.



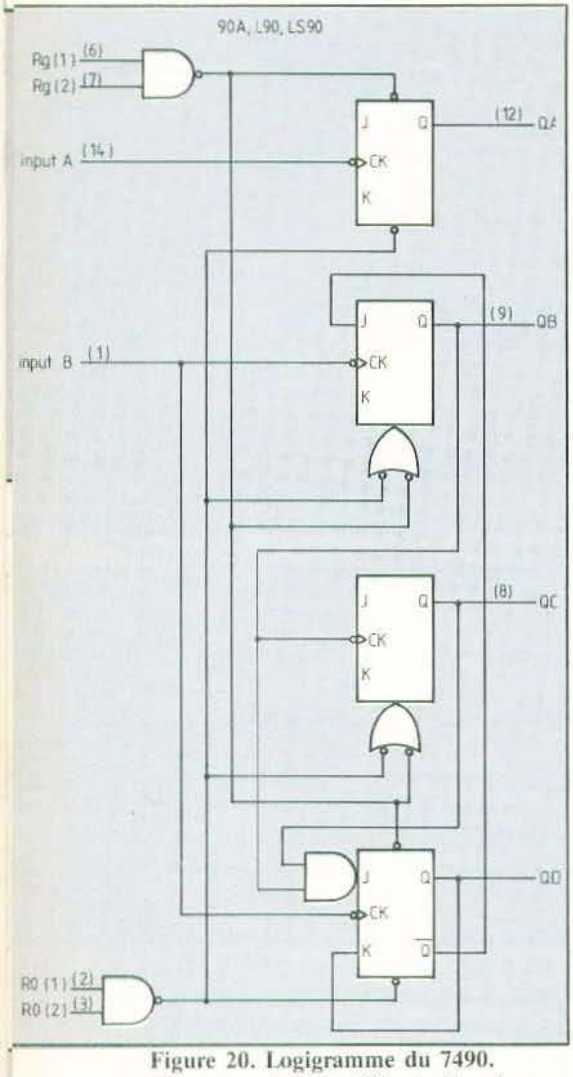


Figure 20. Logigramme du 7490.

On pourra alors modifier le déroulement naturel d'un compteur asynchrone. C'est d'ailleurs cette technique qui est exclusivement utilisée dans les compteurs synchrones (que nous verrons ultérieurement).

Ici, dans les compteurs asynchrones à rebouclage synchrone, on utilise à la fois la cascade QH ou QH de bascules (structure asynchrone) et la programmation des bascules (structure synchrone). Dans ce cas, une étude par table ou mieux par diagramme temporel est précieuse sinon indispensable.

Voyons un exemple simple : on souhaite réaliser avec des bascules JK TTL (à entrée dynamique négative), un bloc de comptage décade et conserver, pour un usage asynchrone les entrées de forçage des bascules (figure 16). (Il s'agit en réalité de la fonction assurée par le circuit intégré TTL 7490).

Traçons le diagramme temporel des 4 sorties tel qu'on le souhaite (figure 17). Le problème consiste à câbler chaque entrée de bascule H, J et K. On trace alors une table d'activité (figure 18) regroupant toutes les entrées concernées. On commence par les entrées d'horloge en cherchant quel signal antérieur possède tous les flancs de déclenchement (exemple ici : seul A pourra déclencher la bascule D). Cela étant fait, on recherche comment programmer les entrées J et K de chaque bascule, compte tenu, à chaque flanc de déclenchement, de l'état antérieur et de l'état à obtenir (exemple ici : pour la bascule D, sa sortie ne passe à 1 que si par ailleurs B et C sont à 1, sinon elle reste ou revient à zéro d'où K = 1 et J = B.C). De la table d'activité complètement remplie, on en déduit le logigramme (figure 19).

Le rebouclage est dit synchrone car il se produit sur un flanc d'horloge et non de façon asynchrone à celle-ci et ce, pour chaque bascule. Le compteur reste asynchrone dans la mesure où l'on garde une cascade de bascule.

La figure 20 donne le logigramme complet du compteur 7490 qui, en réalité, est constitué :

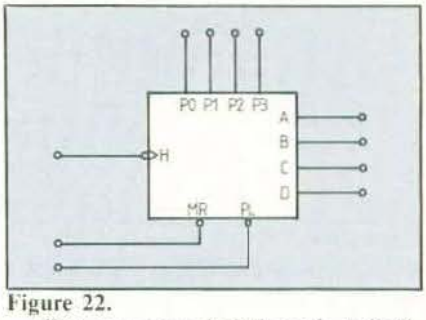


Figure 22.

— d'un compteur de 2 (bascule A indépendante),

— d'un compteur de 5 asynchrone à rebouclage synchrone,

— d'un circuit de remise à zéro,

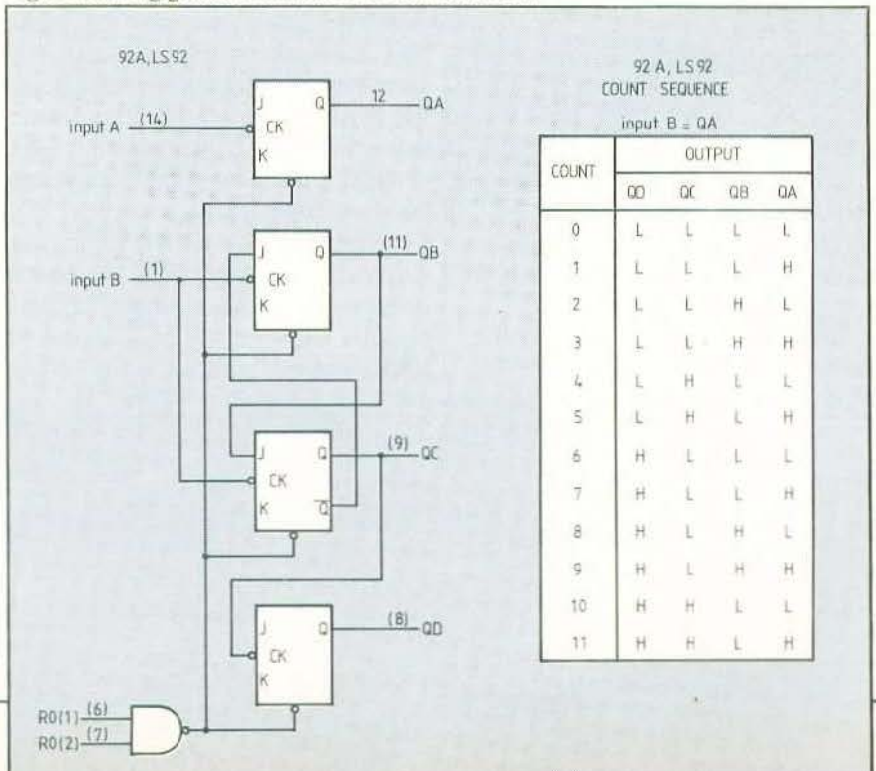
— d'un circuit de remise à neuf par action sur les S des bascules A et D.

Le lecteur pourra tester sa compréhension de la méthode en l'appliquant à un compteur de 12 tel que le 7492 dont nous donnons, figure 21, la table de vérité et le logigramme (le compteur de 12 est obtenu en reliant la bascule indépendante A au groupe de 3 bascules qui suit donc input B = Q_A ainsi qu'il a déjà été fait dans le 7493 et 7490).

Prépositionnement (entrées parallèles)

On peut utiliser les entrées de forçage pour positionner indépendamment les unes des

Figure 21. Logigramme et table de vérité du 7492.



COUNT	OUTPUT			
	QD	QC	QB	QA
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	L	H	L	H
6	H	L	L	L
7	H	L	L	H
8	H	L	H	L
9	H	L	H	H
10	H	H	L	L
11	H	H	L	H

Entrée S

Pi \ MR, PL	00	01	11	10
0	0	0	0	0
1	0	0	0	(1)

Entrée R

Pi \ MR, PL	00	01	11	10
0	(1)	1	0	1
1	1	1	0	0

Figure 23.

autres les diverses bascules d'un compteur. Elles ne doivent plus, dans ce cas, être reliées en parallèle mais doivent, au contraire, être associées bascule par bascule à un réseau combinatoire. Illustrons ce fonctionnement avec un exemple :

on désire un compteur 4 bits (figure 22) avec :

— une entrée MR de remise à zéro prioritaire,

— une entrée PL de chargement parallèle prioritaire sur le mode comptage mais non sur l'entrée de remise à zéro.

Ces deux entrées sont actives au niveau 0 (entrées négatives). Ce compteur possède évidemment 4 sorties A, B, C, D mais aussi 4 entrées parallèles Po, P1, P2, P3. Nous appellerons ces entrées Pi dans ce qui suit, car nous nous intéresserons à l'une quelconque de ces entrées parallèles. Dressons la table de vérité des entrées S (Set ou mise à 1) et R (Reset ou mise à 0) des bascules (figure 23). On en déduit les équations des entrées R et S à savoir :

S = MR.PL.Pi

R = MR + PL. Pi

Partant de cette analyse, on peut en tirer un logigramme. Nous préférons donner le logigramme d'un circuit industriel à savoir celui du 74197, technologie TTL ou TTL LS, compteur prépositionnable 4 bits pouvant servir par ailleurs de quadruple Latch (figure 24).

Comme pour les précédentes versions industrielles, ce compteur comprend une première bascule A indépendante. Le lecteur attentif remarquera que le logigramme des parties concernant MR, PL, S et R ne correspond pas de façon immédiate aux équations précitées. Mais un petit exercice de simplification d'expression booléenne lui montrera la stricte équivalence entre le logigramme et les équations établies.

Récapitulatif des compteurs asynchrones

Le tableau de la figure 25 donne l'essentiel des compteurs asynchrones de la série TTL ou TTL/LS. Le tableau de la figure 26 donne, lui, l'essentiel des compteurs asynchrones de la série C/MOS. Bien sûr, suivant les constructeurs, les catalogues pourront être plus ou moins complets et offrir au concepteur un éventail plus réduit ou plus large que celui présenté dans cet article. ■

W. Verleyen

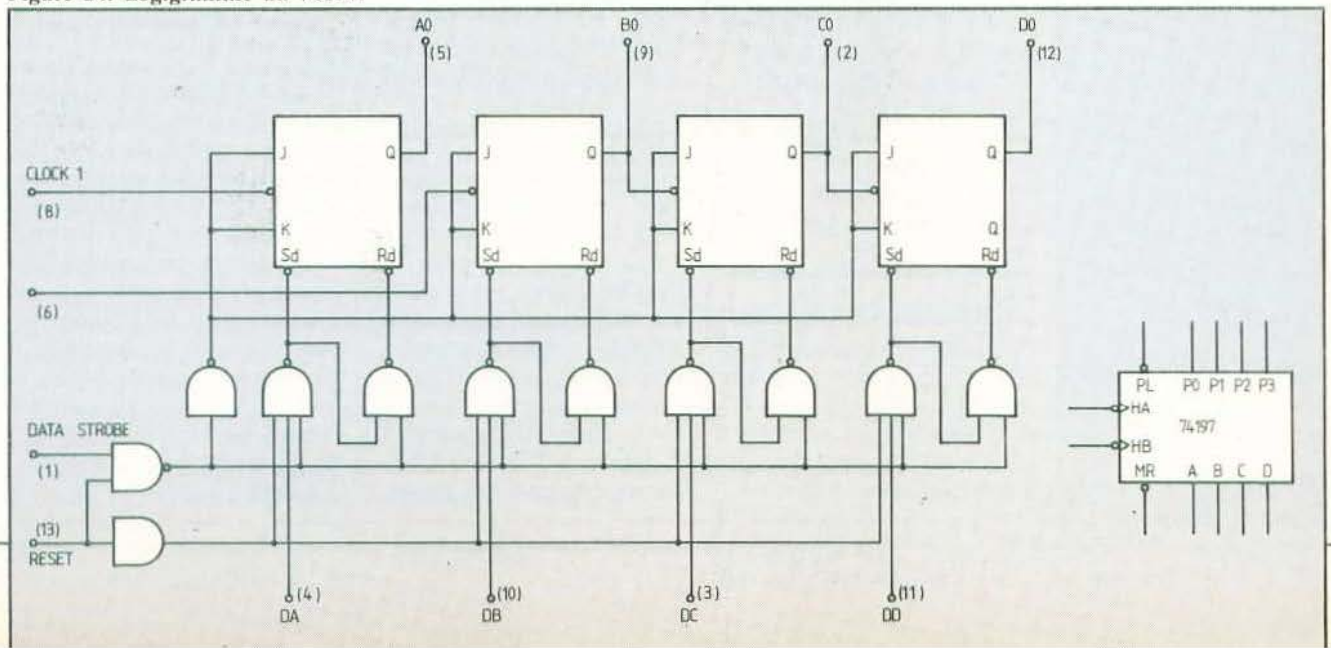
TYPE	ÉTAGES	ENTRÉE PARALLÈLE
54/74290	2 x 5	
54/7490A	2 x 5	
54LS/74LS90	2 x 5	
54/7492A	2 x 6	
54LS/74LS92	2 x 6	
54/74293	2 x 8	
54/7493A	2 x 8	
54LS/74LS93	2 x 8	
54/74176	2 x 5	A
54/74177	2 x 8	A
54/74196	2 x 5	A
54LS/74LS196	2 x 5	A
54/74197	2 x 8	A
54LS/74LS197	2 x 8	A
54LS/74LS290	2 x 5	
54LS/74SL293	2 x 8	
54LS/74LS390	2 x 5	
54LS/74LS393	2 x 8	
54LS/74SL490	2 x 5	

Figure 25. Flanc de H :

N°	Étages
4020	14
4024	7
4040	12
4060	17 (Compteur diviseur oscillateur)
4521	Diviseur de fréquences/24

Figure 26. Flanc de H :

Figure 24. Logigramme du 74197.



PETITES ANNONCES

Lecteurs de *Micro et Robots*, nous mettons à votre disposition un service de petites annonces payantes. Celles-ci sont exclusivement réservées aux particuliers. Faute, pour l'instant, de pouvoir y vendre vos robots, vous pourrez y échanger vos micros, logiciels ou programmes, y chercher des offres d'emplois, en faire la demande ou encore vous regrouper en club, etc.

Tarifs : Ceux-ci sont uniformes, la ligne de 31 lettres (signes ou espaces) : **22 F** T.T.C.

Attention : L'abonnement d'un an à *Micro et Robots* donne droit à une petite annonce gratuite de 5 lignes. (Rappeler votre numéro d'abonné dans ce cas-là).

Impératif : Nous prions nos annonceurs de bien vouloir noter que le montant des petites annonces doit être **obligatoirement** joint au texte envoyé (date limite : le **10** du mois précédant la parution), le tout devant être adressé à la Société Auxiliaire de Publicité (S.A.P.), 70, rue Compans, 75019 Paris. Tél.: 200.33.05.
C.C.P. Paris 3793-60 D.

Sté proximité Cannes recherche un (ou deux) stagiaire élève ingénieur en robotique spécialisé en électro-mécanique, électronique et programmation microprocesseur. Écrire Sté Études et Fabrications Aéronautiques, B.P. 55, 06370 Mouans-Sartoux.

Vds 2 Modem prof. Racal Milgo MPS 1222 + 2 commutateurs périph. même marque. Tél. 504.34.39, le soir.

Vends IBM PC 128K + carte d'extension 2 disk drive 360K. Moniteur couleur + adapt. carte com. asynchrone imprimante + adapt. Logiciel Dos 2.0, logo +... documentation. 32.000 F. A débattre. M. Vincent. Tél. (63) 58.14.70 après 18 h.

Etudiants micro-processeurs, automatique, robotique, recherchent entreprises pour stage fin de cycle scolaire. Aucune charge ni obligation pour l'entreprise. Pour tous renseignements : (3) 956.04.87 ou 956.48.28.

Le club AMI organise une expo. robotique à Pâques. Intéressés, adressez-vous à AMI, rés. du Château, 3, av. des Frênes, 77000 Melun. Tél. 452.45.49 après 18 h. Rech. carte E/S ZX81.

Vds imprimante Centronics 704, TBE 4000 F, + 2 lect. disquettes 8' SD/DF + doc. TBE, 2 × 1500 F. Monitor 80 × 24, RS232 1000 F + comp divers RAM16K CPU280, WD1791 + logiciel CP/M. Ph. Champire. Tél. 946.27.60.

Etudiant possédant D.U.T. Mesures physiques et suivant formation poste D.U.T. Maintenance Informatique-Robotique, recherche stage de fin d'études d'une durée de 2 mois, 17 mai au 13 juillet, (France ou étranger).

Vds Sharp PC1500 + 8K + Impr/K7 + entrées/sorties + macro-assembleur + manuel technique + prgms 4500 F. Messiant 6, a. des Peupliers, Morbecque 59190 Hazebrouck.

Le CESI cherche stages de 3 mois (de mai à août) pour anciens techniciens de l'industrie ou des services, en cycle de formation d'ingénieurs. Agés de 25 à 35 ans, ils ont 5 à 10 ans d'expérience professionnelle. La prise effective d'une responsabilité hiérarchique en site productif constitue pour eux une étape déterminante dans l'élaboration de leur projet professionnel. Contacter Mme Danigo (6) 078.12.67.

Vds Ordin. port. Olivetti M 10 32 K RAM av. câble imprimante alim. secteur état neuf 6000 F Micro-traceur pour d° 1400 F. Tél. (86) 63.42.20 après 18 h.

Vds imprimante GP100 neuve 1700 F. M. Wilhelm. Tél. 334.10.42.

Notes

GIGANTESQUE

La Foire de Hanovre, version 85, se tiendra du 17 au 24 avril. Les 10 salons internationaux qui y sont organisés simultanément regrouperont quelque... 6600 sociétés exposantes sur... 956 500 m² ! La France par son nombre d'exposants, occupera le second rang après la RFA. Le salon ASB accueillera les robots industriels. Rens. : (1) 723.01.02.

FESTIVAL DU SON

Cette année le Festival International Son & Image Vidéo se tiendra au CNIT (Paris La Défense) du 10 au 17 mars (journées professionnelles les 10, 11 et 12) et s'inscrira dans le cadre de la Semaine Française de la Communication. A l'occasion de ce salon sera remis le prix Michel de Coanda à Albert Laracine qui travailla pendant de longues années, dans le cadre de l'ORTF, à l'étude de la prise de son et à la reproduction stéréophoniques et multiphoniques.

INOVA 85

Du 11 au 16 mars se tiendra au Palais des Congrès à Paris, la 7e semaine mondiale de l'innovation, Inova 85. Organisé par les ministères de l'Industrie et celui de la Recherche, ce salon d'une importance capitale permet aux industriels du monde entier de trouver nombre d'idées, d'informations et de contacts, de découvrir des technologies et des produits nouveaux, de chercher des partenaires, des modes de financement, des débouchés pour leurs produits, etc. Rens.: (1) 742.92.56.

ANTEM III

Le CESTA (Centre d'Etudes des Systèmes et des Technologies Avancées) organise du 12 au 15 mars le colloque international ATEM III qui sera articulé autour de 3 axes : le tertiaire, la formation aux outils de gestion dans la grande et petite entreprise ; la communication, les applications pédagogiques de la télématique, des réseaux et satellites ; l'image, les applications pédagogiques de l'image générée par ordinateur et du vidéodisque. Rens. (1) 634.33.86.

A lire

MISE EN OEUVRE DU 68000

Enfin un livre complet sur le 68000.... Si les ouvrages sur les processeurs 8 bits sont légion, il n'en va, hélas, pas de même en ce qui concerne les 16 bits (à part quelques ouvrages sur le 8086/8088 d'INTEL). Le 68000 est pourtant un processeur qui commence à se répandre (QL de Sinclair, Macintosh d'Apple,...) et qui offre les performances d'un 32 bits avec une architecture externe sur 16 bits. On trouvera dans ce livre tout ce qu'il faut pour mettre en œuvre un membre de la famille 68000 puisque des chapitres additionnels décrivent même les 68008, 68010, 68012 et 68020, ce dernier étant un véritable processeur 32 bits puisqu'il possède 32 fils d'adresse et 32 fils de données, une UAL de 32 bits, un bus interne de 32 fils d'adresse et 32 fils de données, un UAL de 32 bits, un bus interne de 32 bits et des capacités supplémentaires fort intéressantes : mémoire cache de 2 Ko et surtout interface avec le processeur arithmétique 68881 qui lui peut effectuer des calculs en virgule flottante sur 80 bits !
Il s'agit donc là d'une famille de super-composants dont livre explique bien toutes les caractéristiques tant du point de vue matériel que du point de vue logiciel ce qui facilite grandement la compréhension des nouveaux concepts introduits par ces processeurs dans la conception de produits haut de gamme.
Le livre est divisé en deux grandes parties : une premiere partie hardware, après une présentation succinte du produit, détaille l'interfaçage broche par broche (il y en a 64) et en décrit la fonction de façon précise. Enfin la deuxième partie s'intéresse au software : organisation des données en mémoire, interruptions, modes d'adressage, mode utilisateur et mode superviseur... etc. Un bon livre donc, qui fera le bonheur de ses lecteurs désireux de passer la vitesse supérieure en adoptant le 16 bits.
Service lecteur : cerclez 5

GRAPHISMES EN KITS

Voici un livre amusant et instructif qui permettra au lecteur de concevoir, par exemple, des programmes de jeu dotés d'un graphisme attrayant sans qu'il soit nécessaire de passer par des tâtonnements laborieux et pénibles. Bien sûr, il n'est pas question ici de transformer un Oric ou un Spectrum en Tektronix ni de développer des algorithmes de FFT pour faire de l'analyse d'image mais les bases de vraies applications graphiques sont là : élimination des parties cachées, translations et rotations, changements d'échelle, remplissage des contours... Il s'agit là d'un livre très pratique et exclusivement orienté vers la micro-informatique «familiale», ce qui pose clairement ses limites. Il se présente donc plutôt comme un recueil de recettes de cuisine et de programmes commentés qui doit permettre au néophyte du PLOT d'exploiter plus facilement les possibilités graphiques de sa machine et d'arriver par là à des créations nouvelles sur cette dernière, ce processus créatif étant finalement l'un des principaux attraits de la micro-informatique. Il ne s'agit donc pas là d'un livre théorique mais bien au contraire d'un ouvrage d'un abord très *immédiat* et progressif qui donne envie *de s'y mettre.*

Service lecteur : cerclez 6

ELECTRONIQUE
AUTOMATISMES
INFORMATIQUE

Une formation à la pointe de la technique

Pour EDUCATEL, une vraie formation professionnelle est une formation **réaliste** qui associe des **cours complets** adaptés aux réalités du monde du travail, à des **matériels d'application** choisis parmi les plus récents. C'est aussi la possibilité de confirmer ses compétences en suivant **un stage pratique** organisé dans nos locaux parisiens.
Que vous soyez étudiant, ou que vous exerciez un métier à temps plein EDUCATEL se charge de vous apprendre par les moyens les plus modernes le métier qui vous convient le mieux.
Chaque enseignement est personnalisé en fonction de la carrière choisie et de votre niveau d'étude.
Une seule chose compte pour nous, comme pour vous : que vous soyez effectivement capable, au terme de cette formation, d'exercer le métier que vous avez choisi.
EDUCATEL est la plus grande école privée d'enseignement par correspondance en France : 300 professeurs contrôlés par l'Education Nationale.
Cette année, plus de 2.000 entreprises nous ont contactés pour nous confier la formation de leur personnel.

METIERS PREPARES	NIVEAU POUR ENTREPRENDRE LA FORMATION	DUREE DE LA FORMATION (à raison de 4 dev./mois)
TECHNICIEN ELECTRONICIEN	3e/C.A.P.	21 MOIS
B.T.S. ELECTRONIQUE	Baccalauréat	30 MOIS
REGLEUR PROGRAMMEUR SUR MACHINES NUMERIQUES	3e/C.A.P.	20 MOIS
TECHNICIEN EN AUTOMATISMES	3e/2e	30 MOIS
TECHNICIEN EN ROBOTIQUE	Baccalauréat	18 MOIS
TECHNICIEN DE MAINTENANCE	3e/C.A.P.	18 MOIS
PROGRAMMEUR DE GESTION	Seconde	17 MOIS
PROGRAMMEUR INDUSTRIEL	Terminal	25 MOIS
ANALYSTE PROGRAMMEUR	Baccalauréat	30 MOIS
B.T.S. INFORMATIQUE	Baccalauréat	2 x 16 MOIS

Educatel
G.I.E. Unieco Formation
Groupement d'écoles spécialisées
Etablissement privé d'enseignement par correspondance soumis au contrôle pédagogique de l'Etat

« Si vous êtes salarié(e), possibilité de suivre votre étude dans le cadre de la Formation Professionnelle Continue. »
EDUCATEL
1083, route de Neufchâtel
3000 X - 76025 ROUEN Cédex

POSSIBILITE DE COMMENCER VOS ETUDES A TOUT MOMENT DE L'ANNEE

BON pour recevoir GRATUITEMENT
et sans aucun engagement une documentation complète sur le secteur ou le métier qui vous intéresse, sur les programmes d'études, les durées et les tarifs.
M. ☐ Mme ☐ Mlle ☐
NOM ..... Prénom .....
Adresse : N° ..... Rue .....
Code postal ☐☐☐☐☐ Ville .....
(Facultatifs)
Tél. ..... Age ..... Niveau d'études .....
Profession exercée .....
Précisez le ou les métiers qui vous intéressent :
.....
Retournez ce bon dès aujourd'hui à :
EDUCATEL - 3000 X - 76025 ROUEN CEDEX
Pour Canada, Suisse, Belgique : 49, rue des Augustins - 4000 Liège
Pour TOM-DOM et Afrique : documentation spéciale par avion

MIR 004

ou téléphonez à Paris (1) 208.50.02

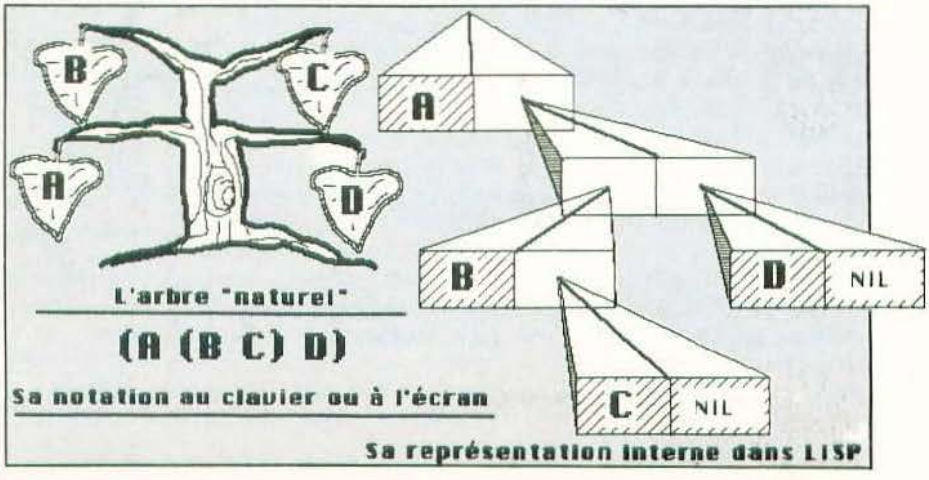
LISP

Deuxième partie : un interpréteur Lisp en Pascal...

Le deuxième article à propos de LISP va être presque entièrement consacré à la réalisation d'un petit interpréteur LISP en PASCAL. Les personnes dont l'intérêt principal est de s'amuser avec LISP se dépêcheront de recopier le programme de l'encadré 1 (ou d'acheter la disquette complète contenant NANOLISP et MICROLISP) ; ceux qui se passionnent plus pour la mécanique interne d'un interpréteur suivront plus en détail la conception des diverses procédures et fonctions. Enfin les adeptes de PASCAL y trouveront aussi leur compte puisque ce programme relativement court (600 lignes environ) fait largement appel aux possibilités de PASCAL notamment en ce qui concerne les manipulations de «pointeurs» et la «récursivité» des fonctions.

Qu'est ce qu'un langage informatique ?

Ce n'est pas très loin en principe d'un langage humain même si les possibilités sont de loin inférieures : à la base sont définis un vocabulaire (les mots disponibles au programmeur) et une grammaire (les façons autorisées d'agencer ces mots selon leur catégorie). De plus tous les langages de «haut niveau» permettent au programmeur de créer ses propres mots voire ses propres catégories grammaticales. Les descriptions habituelles du lexique (synonyme de vocabulaire) et de la syntaxe (synonyme de grammaire) sont en général hautement indigestes et reléguées à la fin des livres de référence des langages habituels. Par chance, LISP est certainement un des langages (sinon le langage) possédant la syntaxe la plus simple. Nous n'aurons donc pas de difficultés de ce côté-là.
Un langage informatique, c'est aussi un certain nombre d'outils d'aide à la programmation : on y trouve des fonctions standard, pas indispensables en théorie, mais tellement agréables en pratique : le nécessaire pour dialoguer avec l'extérieur — l'utilisateur via le clavier et l'écran —, le système d'exploitation pour obtenir l'accès au système de fichiers, éventuellement des possibilités d'édition du texte du programme, des facilités pour la mise au point de ce dernier, etc. Ces outils seront réduits au minimum vital en qui ce concerne NANOLISP présenté ici ; leur écriture ne présentera, de toutes façons, pas de difficultés majeures pour les lecteurs désireux d'enrichir l'ensemble des fonctions de base.
Il est courant de séparer les langages infor-



NOM	FONCTION
'	le QUOTE indique à LISP que l'expression immédiatement suivante ne doit pas être évaluée mais considérée telle quelle. A = *** ERREUR ATOME INDEFINI Mais 'A = A
CAR	Rend le premier élément d'une liste (CAR '(A B))=A
CDR	Rend la liste sans son premier élément (CAR '(A B C))=(B C)
CONS	Rend la liste constituée du premier et du second paramètre. Le 2e doit être une liste ou NIL. (CONS '(A B) '(C D))=((A B)C D)
SETQ	Affecte au premier paramètre (non évalué) la valeur du second. (SETQ A '(B C))=(B C) Donne ensuite : A = (B C) Les exemples suivants conservent cette valeur de A
ATOM	Rend T si le paramètre est un atome (ATOM A)=()
EQ	Rend T si les 2 paramètres ont exactement la même valeur atomique (SETQ E 'C) (SETQ F 'C) (EQ E F)=T Mais (EQ A '(B C))=() On pourra facilement écrire la fonction EQUAL qui vérifie si les 2 paramètres sont égaux au sens large (même contenu)
COND	Exécute la première des listes dont le CAR n'est pas NIL. (COND ((ATOM A) (PRINT 'ATOME)) (T (PRINT 'LISTE))) = LISTE
LAMBDA	Sert à la définition de fonctions ((LAMBDA(X) (COND ((ATOM X) (PRINT 'ATOME)) (T (PRINT 'LISTE)))) '(A B)) = LISTE Le premier élément de la liste est une définition de fonction sans nom (elle sera oubliée immédiatement) et cette fonction est appliquée sur les paramètres constituant le reste de la liste. La liste suivant immédiatement le LAMBDA est la liste des paramètres de la fonction
READ	Rend l'expression LISP lue en entrée (SETQ EXPR (READ))
PRINT	Imprime son paramètre (PRINT A) = (B C)
TRACE	Trace les fonctions centrales de l'interprète (TRACE)
UNTRACE	L'inverse (UNTRACE)
LOAD	Lit le fichier spécifié comme paramètre. L'extension .TEXT est automatiquement ajoutée par l'interprète . (LOAD 'MONFICHIER) = ...lecture du fichier MONFICHIER. TEXT
OBLIST	Affiche la liste des atomes connus (OBLIST)=... liste des atomes
DE	Définit une fonction avec un nom. (DE CADR (LISTE) (CAR (CDR LISTE))) nom liste corps de la fonction paramètres ou NIL
QUIT	Sort de NANOLISP .

Encadré 2 : fonctions de NANOLISP

matiques en deux catégories : les langages interprètes et les compilés. Ces derniers comportent une phase de traduction du texte du programme en un langage plus proche de la machine (la compilation), cette technique améliore les temps d'exécution du programme mais alourdit la phase de mise au point ; LISP est d'abord un langage interprété (comme bASIC), c'est-à-dire qu'une ligne LISP peut être exécutée immédiatement après le retour chariot qui la termine. Les temps d'exécution sont évidemment plus lents, mais il est aussi possible, une fois le programme développé et testé, de compiler du LISP (comme du BASIC) à condition de disposer du traducteur adéquat.

L'interpréteur LISP

Celui-ci n'est qu'une boucle sans fin :

— Lecture du ou des symboles suivant au clavier.
— Calcul des valeurs du ou des symboles reçus.
— Si le premier symbole est un nom de fonction, exécution de celle-ci.
— Retour à la case départ.

Il nous faut donc parler maintenant des symboles que connaît LISP et de leurs mystérieuses «valeurs» avant de revenir à la mécanique de l'interpréteur.

```
PROGRAM NANOLISP;

CONST
MAXCHAINE=12;(* LES NOMS AURONT 12 CARACTERES MAXIMUM *)

TYPE
SMALLSTRING=STRING[MAXCHAINE];

TYPTOKEN=(PGAUCHE,PDROITE,APOS,SYMBOLE);
(*4 TYPES DE CARACTERES LUS : PARENTHESE GAUCHE, DROITE,
  APOSTROPHE ET TOUS LES AUTRES *)

TYPEBASE=(ATOME,LISTE);

SGRAPHE = ^NOEUD;

NOEUD=RECORD CASE SORTE:TYPEBASE OF
        ATOME:(PNAME : ^SMALLSTRING ; VAL : SGRAPHE);
        LISTE:(CAR,CDR:SGRAPHE);
        END;
(* AVEC TOUS CES POINTEURS LE NOEUD DE BASE NE FAIT QUE 6 OCTETS !!! *)

PTOBLIST=^TYPOBLIST;
(* LA LISTE DES ATOMES N'EST PAS ICI UNE LISTE LISP *)

TYPOBLIST=RECORD
        ATOME:SGRAPHE;
        LIEN:PTOBLIST;
        END;
VAR
NILE,TRU,AQUOTE,S,M:SGRAPHE;
OBLIST:PTOBLIST;
FINSESS,ERREUR,TRACE:BOOLEAN;

PROCEDURE PRINT(S:SGRAPHE);FORWARD;

(************** FONCTIONS UTILITAIRES ***************)

FUNCTION FERREUR(MESSAGE:STRING;S:SGRAPHE):SGRAPHE;
(* IMPRIME LE MESSAGE D'ERREUR ET LA LISTE OU L'ATOME EN CAUSE *)

BEGIN
WRITE('*** ERREUR : ',MESSAGE,' -> ');
PRINT(S);
WRITELN(' ***');
ERREUR:=TRUE;
FERREUR:=NILE;
END;

FUNCTION FNULL(S:SGRAPHE):BOOLEAN;

BEGIN
FNULL:=(S=NILE);
END;

PROCEDURE OBPRINT;
(* IMPRIME LA LISTE DES ATOMES CONNUS *)
VAR OBCOUR:PTOBLIST;

BEGIN
OBCOUR:=OBLIST;
WHILE (OBCOJR<>NIL) DO
  BEGIN
  IF OBCOUR^.ATOME^.SORTE=ATOME THEN
    WRITE(OBCOUR^.ATOME^.PNAME^,' ');
  OBCOUR:=OBCOUR^.LIEN;
  END;
WRITELN;
END;

FUNCTION NOUVATOM(POSITION:PTOBLIST;NOM:SMALLSTRING):PTOBLIST;
(* INSERE UN NOUVEL ATOME DS LA LISTE A LA SUITE DE "POSITION"*)
VAR
OBPREC,OBSUIV:PTOBLIST;

BEGIN
(* ON REPERE LES 2 VOISINS *)
OBPREC:=POSITION;
OBSUIV:=OBPREC^.LIEN;
(* ON CREE LE NOUVEL ATOME *)
NEW(POSITION);
NEW(POSITION^.ATOME);
POSITION^.ATOME^.SORTE:=ATOME;
NEW(POSITION^.ATOME^.PNAME);
POSITION^.ATOME^.PNAME^:=NOM;
POSITION^.ATOME^.VAL:=NIL;
(* ON RACCROCHE DS LA CHAINE *)
OBPREC^.LIEN:=POSITION;
POSITION^.LIEN:=OBSUIV;
(*ON REND L'ATOME CREE *)
NOUVATOM:=POSITION;
END;

FUNCTION FINDATOM(NOM:SMALLSTRING):SGRAPHE;
(*TROUVE L'ATOME DU NOM DONNE OU REND NIL*)
VAR
CONT:BOOLEAN;
PTCOUR:PTOBLIST;

BEGIN
PTCOUR:=OBLIST;
CONT:=TRUE;
WHILE (PTCOUR<>NIL) AND CONT DO
  BEGIN
  CONT:=(PTCOUR^.ATOME^.PNAME^<>NOM);
  IF CONT THEN PTCOUR:=PTCOUR^.LIEN;
  END;
IF PTCOUR=NIL THEN FINDATOM:=NIL
  ELSE FINDATOM:=PTCOUR^.ATOME;
END;
(************ FONCTIONS DE BASE ************)

FUNCTION FCAR(S:SGRAPHE):SGRAPHE;
(* LE CAR *)

BEGIN
IF FNULL(S) THEN FCAR:=NILE
ELSE
IF S^.SORTE=LISTE THEN
  FCAR:=S^.CAR
  ELSE
  FCAR:=FERREUR('CAR',S);
END;

FUNCTION FCDR(S:SGRAPHE):SGRAPHE;
(* LE CDR *)

BEGIN
IF FNULL(S) THEN FCDR:=NILE
ELSE
IF S^.SORTE=LISTE THEN
  FCDR:=S^.CDR
  ELSE
  FCDR:=FERREUR('CDR',S);
END;

FUNCTION FATOM(S:SGRAPHE):SGRAPHE;
(* REND VRAI SI LE SGRAPHE EST UN ATOME *)

BEGIN
IF S^.SORTE=ATOME THEN FATOM:=TRU
  ELSE FATOM:=NILE;
END;

FUNCTION FEQ(S1,S2:SGRAPHE):SGRAPHE;
(* TESTE L'EGALITE (DES POINTEURS) *)

BEGIN
IF S1=S2 THEN FEQ:=TRU
  ELSE FEQ:=NILE;
END;

FUNCTION FCONS(S1,S2:SGRAPHE):SGRAPHE;
(* LE CONS *)

VAR
NEWS:SGRAPHE;
```

Des atomes et des listes

LISP ne connaît que ces 2 types de symboles ; l'atome, comme en physique classique, est une entité indivisible possédant deux caractéristiques fondamentales : un nom qui sert à le distinguer des autres atomes connus à un instant donné et une valeur. Cette valeur est, ou bien inexistante, ou alors c'est un symbole LISP. Afin de pouvoir fonctionner, LISP connaît un ensemble d'atomes de base : TRUE, NIL... (VRAI, RIEN...), et quelques fonctions de base : CAR, CDR... (que nous avions désignées le mois dernier par DEBUT et RESTE). Tous les programmes écrits reposent en fait sur ces définitions de base (il y en a 19 dans NANOLISP — voir encadré 2 —, plus de 300 dans les LISP utilisés pour la programmation).

Une liste est une structure arborescente dont les feuilles terminales sont des atomes (voir schéma 1) et dont la partie droite (le RESTE ou CDR) est elle-même un arbre ou l'atome NIL. Cette dernière limitation simplifie les traitements internes sans rien retirer à la puissance du langage, elle consomme simplement quelques cellules de base de plus. En fait LISP sait manipuler des structures encore plus générales que les arbres informatiques : les graphes dont nous aurons l'occasion de reparler.

La première tâche qui se présente dans l'écriture de l'interprète est le choix de la structure interne de ces atomes et de ces listes. Ce choix est primordial : une mauvaise analyse peut amener un gâchis considérable de mémoire ou des temps d'exécution prohibitifs.

La structure des données

La première structure à modéliser est, bien sûr, la liste LISP, puisqu'elle contient l'autre type de données connu de l'interprète, à savoir l'atome. Les arbres informatiques (donc les listes) sont des espèces essentiellement symétriques : un arbre est constitué de 2 branches qui peuvent être ou bien un sous-arbre ou bien une feuille. Le point stratégique est, bien entendu, le point de liaison entre ces 2 branches qu'on appelle le nœud : celui-ci suffit pour pouvoir définir un arbre complet. En effet, un nœud

```
BEGIN
IF (S2',SORTE=ATOME) AND NOT(FNULL(S2)) THEN
  FCONS:=FERREUR('CONS',S2)
  ELSE
  BEGIN
  NEW(NEWS);
  NEWS',SORTE:=LISTE;
  NEWS',CAR:=S1;
  NEWS',CDR:=S2;
  FCONS:=NEWS;
  END;
END;

FUNCTION FDE(S:SGRAPHE):SGRAPHE;
(* DONNE UN NOM A UNE FONCTION *)

BEGIN
S',CAR',VAL:=FCONS(FINDATOM('LAMBDA'),FCDR(S));
FDE:=FCAR(S);
END;

(********** PROCEDURES D'ENTREE-SORTIES **************)

FUNCTION FREAD(VAR INFILE:INTERACTIVE):SGRAPHE;
(* LE NOM READ EST DEJA RESERVE PAR PASCAL *)

VAR
LUGRAPHE:SGRAPHE;
TAMPON:CHAR; (* DERNIER CARACTERE LU *)
TOKEN:TYPTOKEN; (* TYPE DU CARACTERE LU *)

  FUNCTION READATOM(VAR TOKEN:TYPTOKEN):SGRAPHE;

  VAR
  PTCOUR,PTPREC:PTOBLIST; (* NECESSAIRES SI UN NOUVEL ATOME EST NOMME *)
  CONT:BOOLEAN;
  LUCHAINE:SMALLSTRING;
  INTER:STRING[1]; (* POUR PERMETTRE L'APPLICATION DE LA FONCTION CONCAT *)

  BEGIN
  LUCHAINE:=''; (* INITIALISATIONS *)
  INTER:=' ';

  IF TAMPON=' ' THEN
    BEGIN
            (*TOUT CE QUI A ETE LU PRECEDEMMENT A ETE TRAITE*)
            (*1 - ON AVALE LES BLANCS *)
  WHILE (NOT EOF(INFILE)) AND (TAMPON=' ') DO READ(INFILE,TAMPON);

            (*2 - ON LIT JUSQU'AU PREMIER SEPARATEUR *)
  WHILE NOT (EOF (INFILE)
            OR (TAMPON IN ['(',')',' ',''''])
            OR (LENGTH(LUCHAINE) >= MAXCHAINE)) DO
    BEGIN
    INTER[1]:=TAMPON;
    LUCHAINE:=CONCAT(LUCHAINE,INTER);
    READ(INFILE,TAMPON);
    END;(*WHILE*)

        (* ON A MAINTENANT LE NOM LU (OU RIEN) DANS LUCHAINE ET LE SE
          SEPARATEUR DANS TAMPON *)

  END;(*IF TAMPON=' '*)

  IF (LUCHAINE='') THEN
    BEGIN
          (*CAS OU UN SEPARATEUR EST LU EN PREMIER ->
            TRANSFER DS LUCHAINE *)
    INTER[1]:=TAMPON;
    LUCHAINE:=CONCAT(LUCHAINE,INTER);
    TAMPON:=' ';
    END;

READATOM:=NILE;(* INITIALISATIONS *)

IF LUCHAINE='(' THEN TOKEN:=PGAUCHE ELSE
  IF LUCHAINE=')' THEN TOKEN:=PDROITE ELSE
    IF LUCHAINE='''' THEN TOKEN:=APOS ELSE
    BEGIN
          (* UN NOM A ETE LU -> EST-IL CONNU ? *)
    TOKEN:=SYMBOLE;
    PTPREC:=NIL;
    PTCOUR:=OBLIST;
    CONT:=TRUE;
    WHILE (PTCOUR<>NIL) AND CONT DO
      BEGIN
      CONT:=(PTCOUR',ATOME',PNAME'<>LUCHAINE);
      IF CONT THEN
        BEGIN
        PTPREC:=PTCOUR;
        PTCOUR:=PTCOUR',LIEN;
        END;
      END;
    IF PTCOUR=NIL THEN
    (* C'EST UN NOUVEAU NOM -> ON L'ENREGISTRE *)
      PTCOUR:=NOUVATOM(PTPREC,LUCHAINE);

    READATOM:=PTCOUR',ATOME;
    END;(*ELSE LUCHAINE*)
END;

  FUNCTION READ1(DANSLISTE:BOOLEAN):SGRAPHE;
  (* READ1 LIT 2 TYPES DE "PHRASES" :
     ATOMES : MOTS EN DEHORS DE PARANTHESES
     LISTES : SUITE DE MOTS ENTRE PARENTHESES
  *)

  VAR
  LUGRAPHE,R1,R2:SGRAPHE;

  BEGIN
  LUGRAPHE:=READATOM(TOKEN);

  CASE TOKEN OF
    PGAUCHE:IF DANSLISTE THEN
              BEGIN
              (* LECTURE DU CAR ET DU CDR *)
              R1:=READ1(TRUE);
              R2:=READ1(TRUE);
              (* ASSEMBLAGE *)
              READ1:=FCONS(R1,R2);
              END ELSE
              (* ON DEMARRE LA LECTURE D'UNE NOUVELLE LISTE *)
              READ1:=READ1(TRUE);
    PDROITE:READ1:=NILE;(* ON A TERMINE LA LISTE *)
    APOS:  IF DANSLISTE THEN
              BEGIN
              (* ON LIT UN TERME DE TYPE ATOME ET UN DE TYPE LISTE *)
              R1:=READ1(FALSE);
              R2:=READ1(TRUE);
              (* ON LES ASSEMBLE *)
              READ1:=FCONS(FCONS(AQUOTE,FCONS(R1,NILE)),R2);
              END ELSE
              BEGIN
              (* ON LIT UN TERME DE TYPE ATOME SEULEMENT *)
              R1:=READ1(FALSE);
              (* ON LE REND SOUS LA FORME ((QUOTE) (ATOME)) *)
              READ1:=FCONS(AQUOTE,FCONS(R1,NILE));
              END;
    SYMBOLE:IF DANSLISTE THEN
              BEGIN
              (* ON LIT L'ATOME ET ON CONTINUE JUSQU'A FIN DE LISTE *)
              R1:=READ1(TRUE);
              READ1:=FCONS(LUGRAPHE,R1);
              END ELSE
              (* LECTURE D'UN ATOME SEUL *)
              READ1:=LUGRAPHE;
    END;(*CASE*)
  END;

BEGIN
TAMPON:=' ';
FREAD:=READ1(FALSE);
END;(*FREAD*)

PROCEDURE PRINT;
(* POUR IMPRIMER DES LISTES *)
```

Encadré 1

«tient» les 2 branches accessibles de son niveau, chacune des branches étant soit un autre nœud, dans le cas où il existe un sous-arbre, soit une feuille terminale (c'est-à-dire un atome dans le vocabulaire LISP).

Tout cela exprimé en PASCAL pourrait amener la définition suivante :

TYPEBASE=(ATOME, LISTE) ;
POINTNOEUD=NOEUD ;
NOEUD=RECORD CASE SORTE-BRANCHE:TYPEBASE
ATOME:(NOM:STRING,
VALEUR:POINTNOEUD) ;
LISTE: (CAR, CDR:POINTNOEUD) ;
END ;

On constate qu'une liste (un arbre informatique) est constituée des 2 sous-branches désignées par CAR et CDR qui peuvent être à leur tour une autre liste ou bien un atome. Dans ce dernier cas, le nœud contient le nom de l'atome (une chaîne de caractères) et la valeur de celui-ci qui est elle-même une liste ou un atome. Un problème reste encore en suspens : comment garder la trace des atomes connus du système ? En effet, LISP doit savoir retrouver la trace de tous les atomes qu'il possède à un instant donné, or si un atome se trouve dans une branche d'arbre et que cette branche est «coupée», l'atome sera irrémédiablement perdu. La solution est de créer la liste de tous les atomes : on relie tous les atomes par un «fil» dont on tient l'extrémité ce qui permet de ne pas les perdre au cours des diverses manipulations. Ce «fil» pourrait avoir la forme des listes LISP mais, pour économiser un peu de place au niveau du nœud, il aura une forme différente désignée dans NANOLISP par LISTATOM. Une dernière amélioration de la structure du nœud permet de gagner de nombreux caractères par nœud : au lieu de stocker directement le nom d'un atome dans un nœud, celui-ci sera stocké autre part en mémoire et on conservera uniquement le lieu de ce nom (on dit encore un pointeur sur ce nom) dans le nœud de l'arbre. Ainsi, le nœud de base ne consomme que 6 caractères et il est possible de créer environ 2 500 ou 3 000 nœuds (sur un APPLE standard) ce qui autorise déjà des programmes LISP de dimensions très convenables. Le schéma 2 résume l'architecture interne des données dans NANOLISP.

```
VAR BLANCPRINT:BOOLEAN;

  PROCEDURE PRINT1(S:SGRAPHE);

    PROCEDURE PRINTATOM(S:SGRAPHE);

    BEGIN
    IF BLANCPRINT THEN WRITE(' ');
    (* LE NOM DE L'ATOME *)
    WRITE(S^.PNAME^);
    BLANCPRINT:=FALSE;
    END;

  BEGIN
  IF S=NIL THEN PRINTATOM(NILE)
  ELSE
    IF S^.SORTE=ATOME THEN
      BEGIN
      (* IMPRESSION DE L'ATOME SEUL *)
      PRINTATOM(S);
      BLANCPRINT:=TRUE;
      END ELSE
      BEGIN
      IF FCAR(S)=AGUOTE THEN
        BEGIN
        (* TRANSFORMATION INVERSE DE LA LECTURE :
           '(QUOTE) (ATOME)) -> '(ATOME)
        *)
        WRITE(' ''');
        PRINT (FCAR(FCDR(S)));(* ON REPART COMME POUR UNE NOUVELLE LISTE *)
        END ELSE
        BEGIN
        IF (S^.CAR^.SORTE=LISTE)AND (S^.CAR^.CAR <> AGUOTE) THEN
          WRITE(' (');(* SUITE DE LISTE *)

        PRINT1(FCAR(S));(* IMPRESSION DU CAR *)

        IF (FCDR(S)=NILE) THEN
          WRITE(') ') (*FIN DE LISTE*)
          ELSE
          PRINT1(FCDR(S));(* IMPRESSION DU CDR *)
        END;(*NOT QUOTE*)
    END;
END;


BEGIN
BLANCPRINT:=FALSE;
IF (S^.SORTE = LISTE)AND (S^.CAR <> AGUOTE) THEN WRITE(' (');
PRINT1(S);
WRITELN;
END;

PROCEDURE PAIRLIS(VAR NOMS,VALS:SGRAPHE);

(* LES VALEURS PASSEES SONT MOMENTANEMENT ASSOCIEES AUX NOMS
   CEUX-CI RETROUVERONT LEURS ANCIENNES VALEURS PAR
   L'OPERATION INVERSE .
   PAIRLIS N'EST APPELEE QUE LORS DE L'EXECUTION DE LAMBDA
*)
VAR SAVE:SGRAPHE;

BEGIN
IF ERREUR THEN EXIT(PAIRLIS);
IF TRACE THEN BEGIN WRITE('PAIRLIS -> ');PRINT(NOMS);WRITE(' , ');
   PRINT(VALS);WRITELN;END;

IF NOMS^.SORTE=LISTE THEN
  BEGIN
  PAIRLIS(NOMS^.CDR,VALS^.CDR);
  SAVE:=NOMS^.CAR^.VAL;
  NOMS^.CAR^.VAL:=FCAR(VALS);
  VALS^.CAR:=SAVE;
  END ELSE
  IF NOT PNULL(NOMS) THEN
  BEGIN
  SAVE:=NOMS^.VAL;
  NOMS^.VAL:=VALS;
  VALS:=SAVE;
  END;
END;

FUNCTION EVAL(E:SGRAPHE):SGRAPHE;FORWARD;

FUNCTION FLOAD (FILENAME:SGRAPHE):SGRAPHE;
VAR INFILE:INTERACTIVE;

BEGIN
IF TRACE THEN BEGIN WRITE('LOAD -> ');PRINT(FILENAME);WRITELN;END;
IF (FILENAME^.SORTE=ATOME)AND(FILENAME^.PNAME<>NIL) THEN
  BEGIN
  RESET(INFILE,CONCAT(FILENAME^.PNAME,'.TEXT'));
  (*L'EXTENSION .TEXT EST TOUJOURS AJOUTEE*)
  WHILE NOT EOF(INFILE) DO
    BEGIN
    WRITELN;
    WRITE('= ');
    PRINT(EVAL(FREAD(INFILE)));
    END;
  CLOSE(INFILE);
  FLOAD:=TRU;
  END ELSE
  BEGIN
  FLOAD:=FERREUR('LOAD',FILENAME);
  END;

FUNCTION APPLISTE(S:SGRAPHE):SGRAPHE;
(* EXECUTE UNE SUITE D'EXPRESSIONS ET REND LA DERNIERE *)

BEGIN
  REPEAT
  IF ERREUR THEN BEGIN APPLISTE:=NILE;EXIT(APPLISTE);END;
  APPLISTE:=EVAL(FCAR(S));
  S:=FCDR(S);
  UNTIL ERREUR OR (S=NILE);
END;

FUNCTION APPLY(FN,ARGS : SGRAPHE):SGRAPHE;
(* EXECUTE UNE FONCTION AVEC LES ARGUMENTS PASSES *)

VAR SAVE:SGRAPHE;

BEGIN
IF ERREUR THEN
  BEGIN
  APPLY:=FN;
  EXIT(APPLY);
  END;
IF TRACE THEN BEGIN WRITE('APPLY -> ');PRINT(FN);WRITE(' , ');
  PRINT(ARGS);WRITELN;END;
IF (FN=NILE) THEN APPLY:=FERREUR('APPLY ',FN)
ELSE
IF FN^.SORTE=ATOME THEN
      (* FONCTIONS PREDEFINIES *)
      IF FN^.PNAME='CAR' THEN     APPLY:=FCAR(FCAR(ARGS))ELSE
      IF FN^.PNAME='CDR' THEN     APPLY:=FCDR(FCAR(ARGS))ELSE
      IF FN^.PNAME='CONS' THEN    APPLY:=FCONS(FCAR(ARGS),FCAR(FCDR(ARGS)))ELSE
      IF FN^.PNAME='ATOM' THEN    APPLY:=FATOM(FCAR(ARGS))ELSE
      IF FN^.PNAME='EQ' THEN      APPLY:=FEQ(FCAR(ARGS),FCAR(FCDR(ARGS)))ELSE
      IF FN^.PNAME='READ' THEN    APPLY:=FREAD(INPUT) ELSE
      IF FN^.PNAME='PRINT' THEN BEGIN
                                PRINT(FCAR(ARGS));
                                APPLY:=FCAR(ARGS);
                                END ELSE
      IF FN^.PNAME='OBLIST' THEN BEGIN APPLY:=NILE ;OBPRINT;END ELSE
      IF FN^.PNAME='QUIT' THEN   BEGIN APPLY:=NILE;FINSESS:=TRUE END ELSE
      IF FN^.PNAME='LOAD' THEN    APPLY:=FLOAD(FCAR(ARGS)) ELSE
      (* CE N'EST PAS UNE FONCTION PREDEFINIE ==>
         ON OBTIENT SA DEFINITION PAR EVAL ET ON APPLIQUE *)
      APPLY:=APPLY(EVAL(FN),ARGS)
  ELSE
      (*FN EST UNE LISTE*)
      IF FCAR(FN)=FINDATOM('LAMBDA') THEN
        BEGIN
        PAIRLIS(FN^.CDR^.CAR,ARGS);(* ON DONNE LEUR VALEUR AUX PARAMETRES *)
        APPLY:=APPLISTE(FCDR(FCDR(FN)));
```

Les fonctions sur les listes et les atomes

LISP, comme nous l'exposions le mois dernier, est fondé sur un petit ensemble de définitions de base : celles-ci sont ici écrites en PASCAL, ainsi la fonction CAR rend le début d'une liste, CDR le reste, EQ teste l'égalité, etc. Ces fonctions ne posent pas de problèmes particuliers de même que la définition des deux atomes TRU et NILE qui permettent de distinguer le VRAI du RIEN. Les 2 points délicats (examinés en détail dans les deux chapitres suivants) sont en fait les communications du programme avec l'extérieur (ici le clavier et l'écran) et le cœur de l'interprète essentiellement concentré dans les procédures EVAL et APPLY.

Les entrées-sorties : ne pas manquer de caractères

La lecture depuis le clavier est réalisée par la fonction FREAD qui rend donc comme résultat l'atome ou la liste tapée par l'utilisateur. Elle est elle-même composée d'une fonction de lecture d'expressions LISP (atomes ou listes) : READEXP et d'une fonction de lecture de symboles de base (token en anglais) : READSYMBOL.

READEXP est une fonction récursive : elle s'appelle elle-même jusqu'à ce qu'un atome ou une fin de liste soit atteinte, la construction de l'arborescence représentant la liste lue est alors réalisée automatiquement grâce aux appels successifs «empilés». READEXP distingue si une liste est déjà entamée ou non grâce au paramètre DANSLISTE. Le traitement de l'apostrophe est particulier : celui-ci représente en effet un raccourci d'écriture et d'affichage : la notation 'A doit être représentée à l'intérieur de LISP par (QUOTE A) et cela justifie le cas spécial du symbole apostrophe. On pourra remarquer que la fonction READSYMBOL réalise une lecture immédiate du caractère frappé sans attendre le retour chariot de fin de ligne ; cette simplification interdit l'édition ligne et notamment ne pardonne pas les erreurs de frappe puisque le retour arrière n'est pas autorisé. La réalisation d'une lecture ligne est une modification simple laissée au soin du lecteur. Enfin

```
        PAIRLIS('FN'.CDR*.CAR,ARGS);(* ON RESTAURE LEURS ANCIENNES VALEURS *)
        END
      ELSE
      APPLY:=FERREUR('APPLY',FN);
END;(*APPLY*)

FUNCTION EVLIS(ARGS:SGRAPHE):SGRAPHE;
(* EVALUE LES COMPOSANTS D'UNE LISTE *)

BEGIN
IF FNULL(ARGS) THEN EVLIS:=NILE
ELSE
  EVLIS:=FCONS(EVAL(FCAR(ARGS)),EVLIS(FCDR(ARGS)));
END;

FUNCTION EVCON(L:SGRAPHE):SGRAPHE;
(* EXECUTE UNE CONDITIONNELLE *)

BEGIN
IF NOT FNULL(EVAL(FCAR(FCAR(L))))
  THEN EVCON:=APPLISTE(FCDR(FCAR(L)))
  ELSE
  IF NOT FNULL(FCDR(L)) THEN EVCON:=EVCON(FCDR(L)) ELSE EVCON:=NILE;
END;

FUNCTION FSETQ(S:SGRAPHE):SGRAPHE;

BEGIN
IF (S'.CAR'.SORTE=ATOME) AND (S'.CAR()NILE) THEN
  BEGIN
  S'.CAR'.VAL:=FCAR(EVLIS(FCDR(S)));
  FSETQ:=S'.CAR'.VAL;
  END ELSE
  BEGIN
  FSETQ:=FERREUR('SETQ',S);
  END;
END;

FUNCTION EVAL;
(* L'EVALUATEUR :
   SI LE PARAMETRE EST UN ATOME -> RENDU SA VALEUR
   SINON
     SI LE CAR EST UN ATOME
        SI C'EST UNE "FONCTION SPECIALE"
           (PARAMETRES NON EVALUES) -> EXECUTION
     SINON -> APPELLE APPLY POUR SON EXECUTION AVEC LA LISTE
              EVALUEE DES ARGUMENTS
*)

VAR S:SGRAPHE;

BEGIN
IF ERREUR THEN
  BEGIN
  EVAL:=E;
  EXIT(EVAL);
  END;
IF TRACE THEN BEGIN WRITE('EVAL -> ');PRINT(E);WRITELN;END;

IF E'.SORTE=ATOME THEN
  IF E'.VAL=NIL THEN
    BEGIN
    EVAL:=FERREUR('VARIABLE INDEFINIE ',E);
    EXIT(EVAL);
    END ELSE
    EVAL:=E'.VAL
  ELSE
  BEGIN
  S:=FCAR(E);
  IF S'.SORTE=ATOME THEN
    IF S'.PNAME='QUOTE' THEN EVAL:=FCAR(FCDR(E))
    ELSE
    IF S'.PNAME='COND' THEN EVAL:=EVCON(FCDR(E))
    ELSE
    IF S'.PNAME='TRACE' THEN BEGIN TRACE:=TRUE;
                                   EVAL:=FINDATOM('TRACE') END
    ELSE
    IF S'.PNAME='UNTRACE' THEN BEGIN TRACE:=FALSE;
                                   EVAL:=FINDATOM('UNTRACE') END
    ELSE
    IF S'.PNAME='SETQ' THEN EVAL:=FSETQ(FCDR(E))
    ELSE
    IF S'.PNAME='DE' THEN EVAL:=FDE(FCDR(E))
    ELSE
    EVAL:=APPLY(S,EVLIS(FCDR(E)))
  ELSE
  EVAL:=APPLY(S,EVLIS(FCDR(E)));
  END;
END;

(******** INITIALISATION *********)

PROCEDURE INIT;
VAR
OBCOUR:PTOBLIST;

BEGIN
TRACE:=FALSE;
(*CREATION DU PREMIER ATOME*)
NEW(NILE);
NEW(NILE'.PNAME);
NILE'.PNAME':='()';
NEW(OBCOUR);
OBCOUR'.ATOME:=NILE;
(*ON CONSERVE L'ENTREE DS LA LISTE AVEC OBLIST *)
OBLIST:=OBCOUR;

OBCOUR:=NOUVATOM(OBCOUR,'T');
TRU:=OBCOUR'.ATOME;
OBCOUR:=NOUVATOM(OBCOUR,'QUOTE');
AQUOTE:=OBCOUR'.ATOME;
OBCOUR:=NOUVATOM(OBCOUR,'CAR');
OBCOUR:=NOUVATOM(OBCOUR,'CDR');
OBCOUR:=NOUVATOM(OBCOUR,'CONS');
OBCOUR:=NOUVATOM(OBCOUR,'ATOM');
OBCOUR:=NOUVATOM(OBCOUR,'EQ');
OBCOUR:=NOUVATOM(OBCOUR,'LAMBDA');
OBCOUR:=NOUVATOM(OBCOUR,'READ');
OBCOUR:=NOUVATOM(OBCOUR,'PRINT');
OBCOUR:=NOUVATOM(OBCOUR,'COND');
OBCOUR:=NOUVATOM(OBCOUR,'TRACE');
OBCOUR:=NOUVATOM(OBCOUR,'UNTRACE');
OBCOUR:=NOUVATOM(OBCOUR,'SETQ');
OBCOUR:=NOUVATOM(OBCOUR,'LOAD');
OBCOUR:=NOUVATOM(OBCOUR,'OBLIST');
OBCOUR:=NOUVATOM(OBCOUR,'DE');
OBCOUR:=NOUVATOM(OBCOUR,'QUIT');

TRU'.VAL:=TRU;
NILE'.VAL:=NILE;

END;(*INIT*)

BEGIN
FINSESS:=FALSE;
INIT;
PAGE(OUTPUT);
WRITELN('************************************');
WRITELN('         NANO-LISP');
WRITELN;
WRITELN('         JM HUSSON');
WRITELN('************************************');
  REPEAT
  WRITE('? ');
  M:=FREAD(INPUT);
  WRITELN;
  ERREUR:=FALSE;
  S:=EVAL(M);
  IF (NOT FINSESS)AND(NOT ERREUR) THEN
    BEGIN
    WRITELN;
    WRITE('= ');
    PRINT(S);
    END;
  WRITELN;
  UNTIL FINSESS;
END.
```

Encadré 1 (suite).

READSYMBOL, pour chaque nom lu, cherche si ce nom est déjà connu de LISP, sinon il l'insère en dernière position dans LISTATOM. A partir de cet instant, l'atome est désigné par sa position (son pointeur) et non par son nom qui ne servira que pour les prochaines entrées ou sorties.

La procédure PRINT fonctionne sur le même principe que FREAD et est basée sur PRINTEXP, procédure récursive qui s'appelle elle-même jusqu'à pouvoir imprimer un atome ou une fin de liste. Le paramètre BLANCPRINT permet de décider de l'affichage d'un espace après celui du nom d'un atome. On retrouve la particularité d'affichage de QUOTE qui rétablit la notation abrégée sur l'écran.

Voyage au cœur de LISP

La boucle générale de l'interprète LISP tient en quelques lignes dans le corps principal du programme :

1 — Affichage de l'invite (prompt) sur l'écran qui dans NANOLISP est le point d'interrogation.

2 — Lecture au clavier (ou du fichier d'entrée) de l'expression LISP (atome ou liste) suivante.

3 — «Evaluation» de cette expression.

4 — Affichage de la valeur obtenue.

Le secret de LISP réside tout entier dans cette mystérieuse évaluation du point 3 du cycle d'interprétation qui est illustré par le schéma 3. Il n'y a pourtant qu'une méthode de calcul assez simple derrière cette fonction EVAL :

— SI l'expression est un atome, EVAL rend sa valeur ou indique une erreur si cette valeur n'existe pas.

— SI l'expression est une liste, le CAR de cette expression doit être une fonction et le CDR doit être la liste des paramètres de cette fonction.

— SI le CAR est une fonction «spéciale» (QUOTE, COND, TRACE, UNTRACE, SETQ, DE), EVAL appelle directement les fonctions associées avec les paramètres tels quels sans chercher à calculer leur valeur.

— SINON EVAL appelle la procédure de calcul des fonctions «normales», à savoir APPLY. Pour cette catégorie de fonctions, les paramètres sont remplacés par leur valeur (on dit aussi évalués) grâce à la fonction auxiliaire EVLIS avant d'être

transmis à APPLY. La différence entre les fonctions «spéciales» et «normales» n'est donc que l'évaluation ou non de leurs paramètres.
La fonction APPLY teste si la fonction qu'on lui a transmise est une fonction de base et dans ce cas appelle la fonction PASCAL correspondante et suppose dans le cas contraire que la fonction a été écrite par l'utilisateur. Celle-ci doit alors commencer par le mot-clé LAMBDA suivi de la définition de la fonction. Après avoir sauvegardé les valeurs des paramètres grâce à la fonction PAIRLIS (nous aurons l'occasion de revenir longuement sur le passage des paramètres de fonctions en LISP au cours des prochains articles), APPLY rappelle à son tour EVAL pour transformer la définition de la fonction utilisateur en une suite d'appels aux fonctions pré-définies du système. Cette opération peut d'ailleurs nécessiter de nombreux appels successifs entre EVAL et APPLY quand une fonction utilisateur utilise d'autres fonctions utilisateur, etc.
La fonction TRACE permet de suivre pas à pas cet algorithme d'évaluation d'une expression LISP.

Programmons un peu

Le moment est enfin venu de faire un peu de LISP. Il convient tout d'abord de tester les 19 fonctions disponibles de NANOLISP et de comprendre la fonction de l'apostrophe. Par exemple :
(PRINT 'A) donne comme résultat
= A
(PRINT A) donne
= *** ERREUR : ATOME INDEFINI
puisque LISP a cherché la valeur de A contrairement au cas précédent. De la même façon : (SETQ A 'B)
= B
(PRINT A)
= B puisque la fonction SETQ positionne la valeur du premier paramètre avec la valeur du second. Il faut remarquer que SETQ ne cherche pas à évaluer son premier paramètre (même LISP a ses exceptions aux règles générales).
Après ce premier contact avec le langage LISP, un petit jeu pourrait être votre premier «programme» : il s'agit de réaliser un petit jeu de mémoire. Le joueur donne tout d'abord 10 mots, pas obligatoirement significatifs, il essaie ensuite de tous les retrouver, sans ordre particulier, et LISP affiche le score des mots retrouvés. Solution le mois prochain...
Quelques remarques en conclusion de cet article : comme vous le constaterez peut-être LISP ne sait que créer des atomes et des listes et ne sait pas en détruire. Sans mécanisme récupérateur de mémoire, ce qui est le cas pour NANOLISP, une erreur système se produit donc dans le cas de saturation de mémoire et cela est tout à fait normal.
Nous expliquerons ce phénomène en détail le mois prochain, et commencerons à écrire de vrais programmes LISP. Bon travail et attention aux parenthèses.... ■

J.-M. Husson

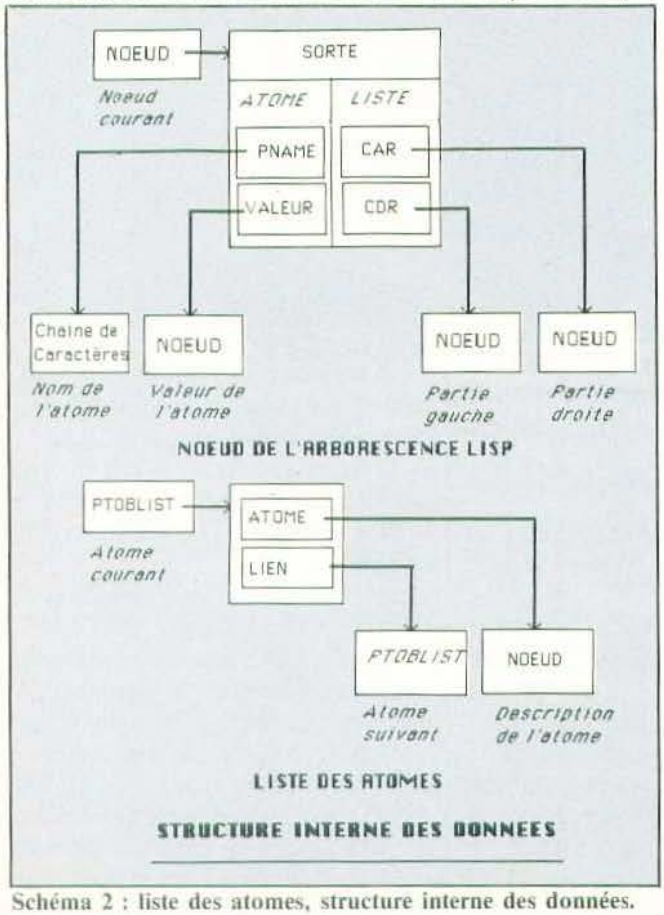


Schéma 2 : liste des atomes, structure interne des données.

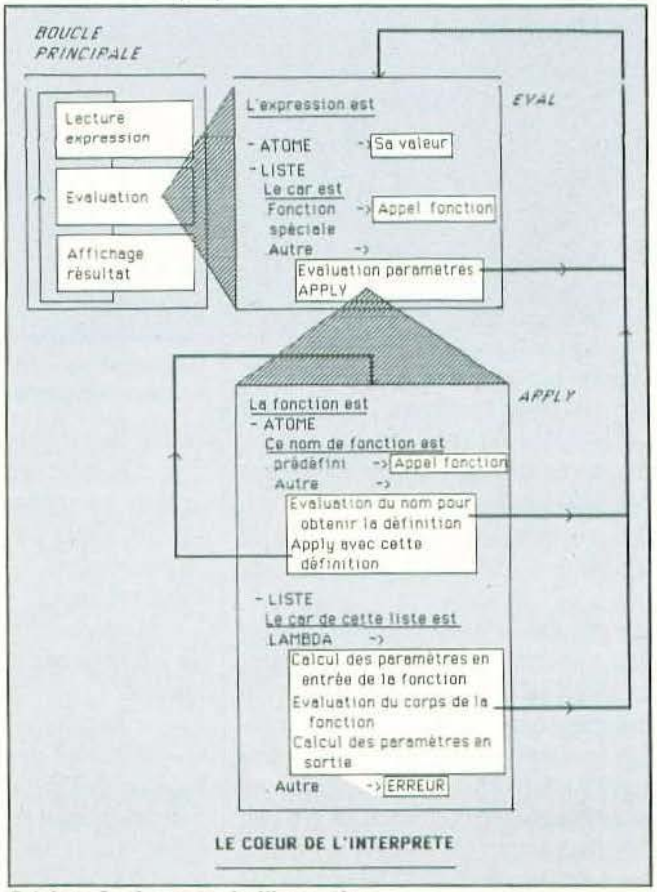
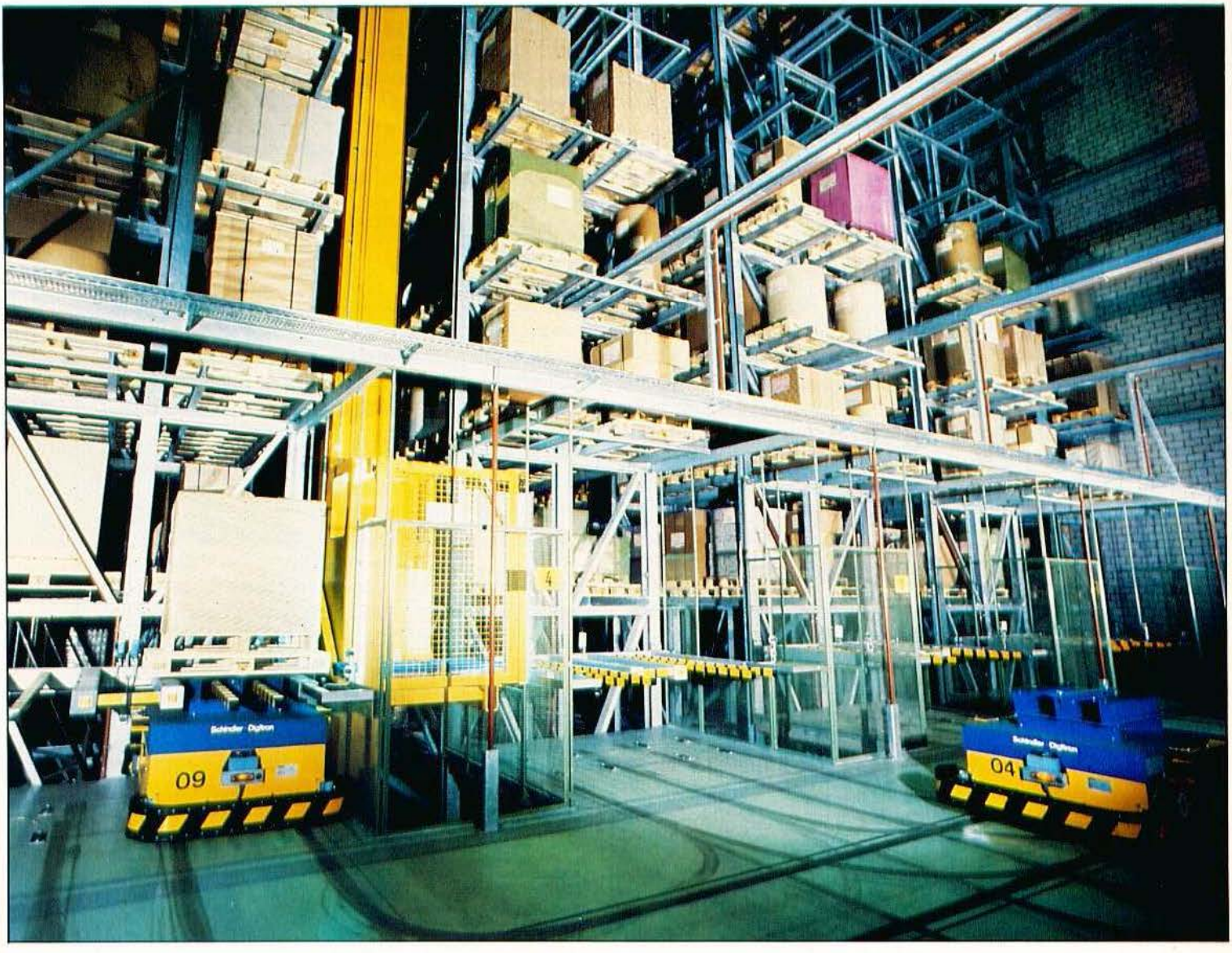


Schéma 3 : le cœur de l'interprète.

LES FILOGUIDES

ROBOTS SYSTEMES



Dossier

SYSTEMES EXPERTS : DANS LES CENTRALES NUCLEAIRES OU EN AFRIQUE, ILS DEVIENNENT ESSENTIELS

Exclusif

PILOTEX : UN S.E. REVOLUTIONNAIRE DE CONDUITE DE PROCESS

LA PAGE DE L'AFRI

Réuni le 23 janvier dernier, le Conseil d'administration de l'AFRI a réélu son bureau : Michel Parent, président; Jean Krautter, vice-président; Jean Chabrol, secrétaire général.

GIIPRA/AFRI. Le Conseil a pris acte et s'est déclaré satisfait de la création du GIIPRA, Groupement interprofessionnel des industries de la productique, de la robotique et des automatismes, dont le président devrait être élu ce mois de mars. L'AFRI souhaite établir des relations régulières avec le GIIPRA, afin d'entretenir une synergie entre les deux organismes.

Nouvelles commissions. Le Conseil approuve la création des commissions : Robotique non manufacturière, animée par Gérard Rooryck; robotique grand public (domestique, ludique...), dont le président reste à désigner; régions et PMI, présidée par Pierre Margrain. Il envisage de créer une Commission Vision Industrielle et détermine une nouvelle orientation pour la Commission Formation, animée par Daniel Prono.

Les sept premiers bienfaiteurs... Enfin, le Conseil d'administration approuve la désignation des sociétés suivantes, comme «membres bienfaiteurs», en raison des services humains et financiers rendus à l'AFRI : Acma, Afma, Automatique Industrielle, IBM, PSA, Rochas, et RNUR. D'autres sociétés pourront devenir également membres bienfaiteurs, dans la mesure où elles apporteront elles aussi leur contribution morale ou financière à l'association.

Prochains rendez-vous :

— 1er octobre 1985 : réunion du Conseil d'administration.

— 30 octobre 1985 : Assemblée générale.

Les espions sont parmi nous...

Sur 10 affaires de contre-espionnage traitées par la DST, en moyenne, 1 concerne le domaine politique ou social, 2 le secteur militaire... et 7 l'activité industrielle ! Les entreprises à haute technologie sont particulièrement visées... Et leurs responsables commencent à en être conscients... à tel point qu'une Commission Fournisseurs réunie par l'AFRI sur ce thème, le 17 janvier dernier, à la CCIP, a fait salle comble !

«L'agression vient à la fois de l'Est et de l'Ouest, a rappelé M. Télenne, de la sous-direction du contre-espionnage industriel, à la DST (unique service chargé du contre-espionnage, dans notre pays, dont les attributions sont fixées par le décret du 22 décembre 1982). Mais cette "agression" n'est pas de même nature : par exemple, les Américains s'intéressent plus volontiers au domaine politique et social, les Soviétiques au secteur industriel et militaire... Après les Etats-Unis et la Grande-Bretagne, la France est le pays le plus espionné par l'URSS.»

Monsieur tout le monde...

L'Union Soviétique dispose de cinq organismes qui «se répartissent» les tâches d'espionnage (KGB, GRU, GKNT, Académie des Sciences, Commerce extérieur) et regroupent près de deux millions de personnes ! Partant du principe — selon la formule du président américain Truman — que «90% des secrets ont été publiés», un dispositif de veille et de renseignement technologique à l'Occident s'attache à découvrir les 10% restants...

L'espion soviétique peut être : soit un officier de renseignement, qui possède une «couverture légale» (attaché d'ambassade, par exemple) ou occupe une profession courante dans le pays espionné; soit un agent de renseignement, conscient (pour des raisons idéologiques ou financières) ou inconscient («l'homme d'affaires qui bavarde dans le train»). Eh oui ! L'espion se banalise...

Vigilance !

«Une de nos fonctions est d'informer les acteurs — notamment les responsables d'entreprises — des réalités de la menace, d'où qu'elle vienne. Même parfois d'un simple stagiaire étranger... Car la défense nationale est élargie à tout ce qui touche le patrimoine industriel. Il y va de la compétitivité des entreprises... et du maintien de leurs marchés (une perte de brevets se traduisant souvent par une perte commerciale)», affirme l'agent de la DST.

Mais la prospection commerciale à l'étranger, comme par exemple la participation à une exposition de robotique à Moscou, va de pair avec l'information technique. Et il est difficile de savoir jusqu'où on peut aller : ce que l'on peut dire et montrer... en évitant «le pillage technologique». «A chaque cas, sa solution, répond M. Télenne. Toute riposte à l'espionnage industriel est donc individuelle... même si nos services sont à votre disposition, 24 heures sur 24.»

Calendrier AFRI

- 19 au 21 mars : Les machines automatisées et la sécurité (Séminaire AFRI/APCCI/CFDE, Paris).
- 27 mars : Commission Recherche/Architecture et conduite des ateliers (AFCET, Paris).
- 4 avril : Robotique d'intervention en milieux hostiles (Commission Robotique non manufacturière).
- 24 au 26 avril : Vers la robotique de 3e génération (Journées AFRI/CCIG/IEG/SEE, à Grenoble).
- 6 juin : Robotique de nettoyage industriel (Commission Robotique non manufacturière).
- 12 juin : Robotique Grand Public (Journée AFRI/Micro & Robots/CESTA, Paris).
- 3 octobre : Robotique de culture (Commission Robotique non manufacturière).
- 5 décembre : Robotique des services et de l'ordre public (Commission Robotique non manufacturière).

(Sous réserve de modifications).

NOTES

SÉCURITÉ

Le Centre de Formation et de Documentation sur l'Environnement Industriel organise à Paris du 19 au 21 mars un stage de trois jours sur le thème «Les machines automatisées et la sécurité». L'INRS, l'AFRI et d'autres spécialistes des systèmes automatisés et de la sécurité apporteront leur concours. Les principaux sujets abordés seront : le descriptif des parties commande et opérative; la présentation des règlements et normes et de leurs applications; l'élaboration d'un cahier des charges : sécurité et fiabilité; les mesures pratiques de prévention; une approche globale d'un problème d'automatisation. Une visite d'un atelier automatisé chez Citroën illustrera ce stage essentiel. Rens.: (1) 562.21.51.

INTERFACE TELEX

L'EMT R est une interface avec automate pouvant émettre des messages préparés sur un système informatique vers les 1.500.000 abonnés du réseau Télex international, et recevoir de la même manière des messages Télex et les retransmettre vers le poste distant pour archivage, ou retraitement. La connexion entre le système informatique et l'EMT R s'effectue par une liaison série RS 232. Les messages à émettre sont confiés à l'EMT R selon un format très simple.
Notons que cette interface permet, entre autres, la réitération des appels infructueux (jusqu'à dix fois) et l'envoi de «mailings Télex» personnalisés jusqu'à 250 correspondants. Prix : 39.200 F HT.
Service lecteur : cerclez 217

SYSTEMES EXPERTS

Pour les spécialistes de la CAO, les outils intelligents d'aide à la conception deviennent essentiels pour faire face à la complexité énorme des problèmes à résoudre principalement dans le domaine des VLSI. Ce livre écrit par Vivienne Begg constitue un guide utile et qui a le mérite de poser clairement les bases d'une approche nouvelle de la CAO et des modélisations nécessaires à sa mise en œuvre.
Service lecteur : cerclez 218

L'ADDITION

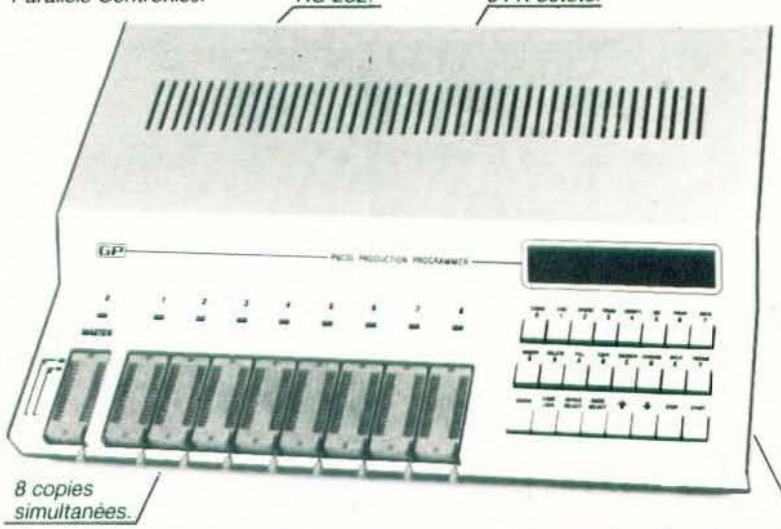
Le conseil d'administration de l'ADI, l'Agence de l'Informatique, réuni par son nouveau président, Olivier Marec, a voté son budget 85 : 333 MF seront consacrés à développer ses missions de recherche et transfert technologique, de diffusion des applications de l'informatique, de formation et développement de l'EAO et d'évaluation des impacts de l'informatique dans le tissu économique et social. L'ADI, qui a aussi la charge des actions de diffusion de la culture informatique dans le grand public et l'action régionale, a désormais pour directeur général adjoint, Alain Geismar.

ROBOTS SYSTÈMES

A partir d'avril, Robots Systèmes se transforme en lettre bimensuelle à destination des professionnels de la robotique et des utilisateurs. On y trouvera des informations essentielles et à un rythme rapide sur les applications, les composants, la vision, l'intelligence artificielle, l'économie, la recherche, etc.
Service lecteur : cerclez 250

GP LES OUTILS DE VOTRE DÉVELOPPEMENT

Interface Parallèle Centronics. Interface RS 232. Adaptation Sonde d'Emulation 64 K octets.



8 copies simultanées. Puissantes fonctions d'édition et de transfert.

LA GAMME P 9000

- Programmation des REPROMS de la 2508 à 27512 en Standard ainsi que des EEPROMS.
- Programmation rapide 2764-27128.
- Liaison série jusqu'à 19.2 K Bauds. 16 formats d'entrée/sortie (ASCII, INTEL, TEX, MOTOROLA, etc.).
- Liaison parallèle type Centronics pour imprimante. Logiciel impression étiquettes en Standard.
- 32 K octets de mémoire RAM en Standard.
- EMULATEUR D'EPROM jusqu'à 64 K octets.
- Puissantes fonctions d'édition (recherche, modification, simplicité d'utilisation).

GP, une gamme de programmateur et outil de développement : Programmateurs PROM Bipolaire, effaceurs, testeurs de cartes.

GP ÉLECTRONIQUE

Tél. : 379.02.23

5, Passage Courtois - 75011 PARIS

Télex : 204 188

Service lecteur : cerclez 261

LES SYSTÈMES EXPERTS, LA FINANCE ET L'ÉCONOMIE...

L'association française des ingénieurs d'études technico-économiques et technico-financières, l'INGETEF, organisait à Paris, fin 84, un séminaire sur les perspectives d'application de l'I.A. à l'évaluation du risque économique et financier, séminaire placé sous le patronnage de l'ADI.

En guise d'introduction, il est bon, comme l'a fait M. Rault, responsable du département logiciel (I.A. génie logiciel CAO) de l'Agence, d'approximer le marché des systèmes experts. Il existerait aujourd'hui plus de 500 S.E. dans le monde qu'ils soient des prototypes ou en cours de développement. Sur ce nombre 30 à 40 d'entre eux seulement seraient des produits finis, opérationnels. Selon une estimation sur le marché U.S. le S.E. représentait 32 millions de dollars en 84 ; il génèrera 160 millions de dollars en 87 et... 780 millions en 90 !

Le tableau ci-contre permet, au plan international, de comparer les offres des sociétés de services en S.E. à la «consommation» (en usage interne) :

On constatera que la France conserve une place identique à celle qu'elle occupe en matière de software et l'on retiendra l'absence du Japon en tant que «producteur» de S.E., par rapport à sa consommation pour l'instant uniquement importée.

Enfin, pour compléter cette introduction, il faut préciser que l'I.A. (et non plus les seuls S.E.) est traitée dans quelque 400 laboratoires de recherche, occupant plusieurs milliers de chercheurs. En France, et pour en revenir aux seuls S.E., l'on dénombre, outre une quarantaine de laboratoires publics, une vingtaine de «fournisseurs» et autant d'utilisateurs» industriels. Une fois défini ce cadre général (et rappelons-le, approximatif) l'on peut alors s'attarder sur l'opportunité de l'usage du S.E. en matière d'économie et de finances. Comme l'a exposé Alain Bonnet professeur à l'ENS des Télécommunications, l'efficacité d'un tel outil est optimale lorsque :

— les connaissances sont de nature intuitive, correspondant à une expérience accumulée

— les informations sont qualitatives plutôt que quantitatives

— l'activité consiste en la production d'informations

— les décisions sont prises dans des conditions stressantes et que les experts sont rares

— l'utilisation du système concerne des non-informaticiens

— ou encore si le domaine d'application fait appel à plusieurs disciplines.

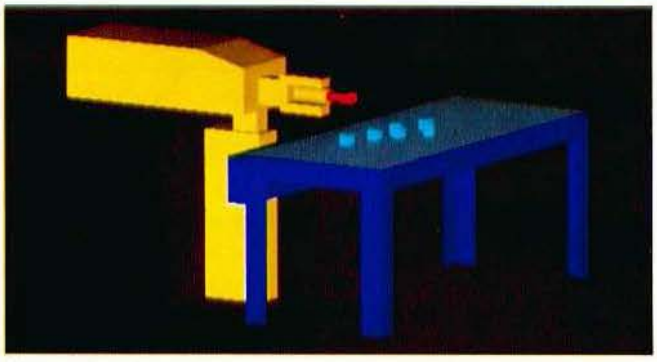
L'ensemble, ou du moins une bonne partie de ces conditions, se trouve rassemblé dans les évaluations des risques financiers, économiques et politiques. Etant donné les intérêts qui sont en jeu dans ce genre d'opérations quotidiennes, l'on apprécie mieux l'attachement des organismes financiers à développer des outils d'évaluation ou de décision efficaces. Ainsi, l'Université de Lausanne présentait à ce séminaire, Pégase, un SE d'analyse des dossiers de demande de crédit, élaboré en Prolog par les élèves en gestion d'une école de commerce de la ville. La Banque de France proposait le système Aide qui permettra, lorsqu'il sera opérationnel d'ici 3/4 ans, de remonter aux causes des défaillances constatées dans les entreprises. La Société Générale de Banque (Belgique) propose à ses clients déjà reliés par vidéotex, un outil d'aide à la gestion de portefeuille et s'oriente tout naturellement vers un S.E. La société US Cognitive Systems développe à son intention le système Le Courtier. Beaucoup plus ambitieux, Panisse, présenté par M. Reiffers, Directeur de recherche au CNRS et Mlle Charpin, chargée de recherche, est destiné à la prévision de l'évolution du taux de change des monnaies. «A l'heure actuelle, pour prévoir le taux de change du dollar à trois mois, mieux vaut jouer aux dés». C'est précisément dans ce type de situation que le S.E. trouve un domaine d'application de choix. Les cambistes utilisent aujourd'hui des méthodes basées sur l'analyse, l'expérience... et le flair ! Panisse tient compte des trois théories les plus connues (modèle monétariste, modèle «taux d'intérêt», modèle du solde courant) mais prend aussi en compte les variables politiques, sociales et stratégiques qui se modifient chaque jour.

Aussi, dans ce domaine, les modèles économiques sont inappropriés dès l'instant qu'ils sont fondés sur des relations stables, systématiques, entre le taux de change et les variations explicatives. Panisse a l'avantage de pouvoir synthétiser et pondérer l'ensemble des composantes. A ce jour, ce S.E. passionnant n'est qu'un prototype, il excelle sur les prévisions qualitatives (baisse, hausse ou stagnation) plutôt que quantitatives (de combien sera l'évolution)... mais cela se saurait tarder !

Autre système, présenté par P. Levine (professeur d'informatique à l'ENA) qui n'en est qu'au stade de la recherche : l'aide à l'évaluation de projets d'investissement. Celui-ci est destiné à être utilisé sur micro-ordinateur compatible IBM, soit en réseau interne d'entreprise soit individuellement. R. Muller, directeur de la société anglaise SPL Insight qui fait de la prévision de risques politiques, désespère de voir une jour aboutir des études qui durent depuis 4 ans pour l'élaboration, ne serait-ce que, d'un simple outil d'aide à la décision. Il faut préciser, à sa décharge, que ce domaine capital de la stabilité politique évolue à une vitesse «grand V» et qu'ici, même «l'incertain» paraît insuffisant... Pour conclure ce séminaire, MM. Cook et Berg des sociétés Federal Systems et Smart Systems Technolgies qui se sont penchés sur un S.E. utilisant la base de données du F.M.I. exposent leur opinion : les S.E. ne peuvent remplacer l'expert humain, ils ne trouvent leurs justifications que comme outils d'aide à la décision, mais ont aussi le défaut de ne pouvoir prendre en compte les données affectives. Sur ce dernier point, l'on pourrait avancer, à l'encontre de cette conclusion, que certaines données affectives sont incluses de façon plus ou moins inconsciente au cours du processus de l'acquisition de données. Mais c'est ici engager un autre débat...

FOURNISSEURS		UTILISATEURS	
U.S.A.	60 %	USA	62 %
France	15 %	France	19,5 %
G.B.	13 %	G.B.	6,5 %
Italie	3 %	Japon	5,4 %
Canada	2,5 %	R.F.A.	2 %
R.F.A.	1 %	Italie	1 %
Suède	1 %	Pays-Bas	1 %
Autriche	1 %	Danemark	1 %
Hongrie	1 %	Suisse	1 %

PSA : CAO ET ROBOTIQUE



Simulation d'une manipulation de cube par un RM.

La conception assistée par ordinateur (CAO) représente l'un des domaines clés de la construction électronique et mécanique actuelle non seulement parce qu'elle permet l'automatisation d'une production mais parce qu'elle offre aussi des possibilités importantes de simulation et de constitution de banques de données très précises faisant références côté aval et excluant dès lors toute interprétation incertaine de plans, par exemple. La mise en place d'une CAO opérationnelle est une entreprise des plus longues et des plus coûteuses puisqu'elle implique, en parallèle, un plan de formation en profondeur du personnel concerné.

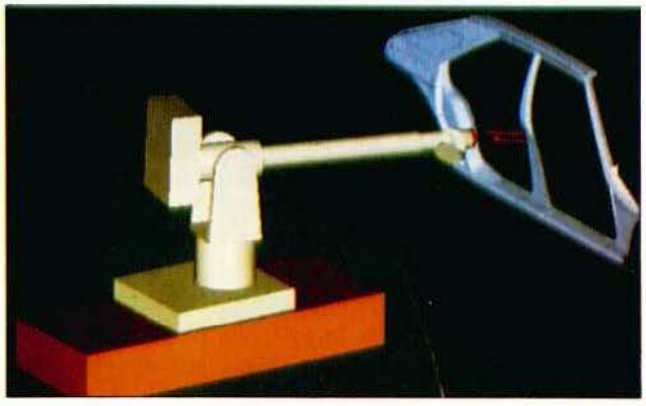
L'industrie automobile des années 80 et à venir consacre une part importante de ses ressources à cette mise en place des moyens de conception et de fabrication assistées par ordinateur : ainsi, Peugeot S.A. a-t-il démarré ses recherches en ce domaine il y a plus de 20 ans maintenant, en partant de modèles analogiques (structure de la 104, par exemple). Depuis les choses ont bien changé tant du point de vue du matériel (tables XY géantes, machines à relever, etc.) et des logiciels adaptés à ce travail que du point de vue de l'extension de la CAO à des domaines très divers : équipements de carrosserie (étude du compartiment moteur, simulation de collision avec un piéton, etc.), moyens de fabrication, étude de pièces mécaniques et de moyens d'usinage, étude d'implantation de bâtiment, etc. Et plus récemment l'on trouve dans ces extensions la résolution de problèmes liés à l'utilisation de robots. Jean-Guy Queromes, de la direction informatique, télécommunication et automatismes (DITA), résume ainsi le couplage CAO-robotique :

«La CAO apporte des réponses à des préoccupations aussi diverses que le choix des robots, la détermination du nombre de robots, la détermination du nombre de robots nécessaire à la réalisation d'un travail, l'implantation d'un robot et sa programmation, tout ceci en fonction de l'application et de l'environnement». Pour permettre la simulation — qui définira en partie la conception du poste de travail — quelque 25 robots différents (leurs caractéristiques tout au moins) ont été modélisés et mis en mémoire. Ces modélisations ne s'arrêtent bien sûr pas aux seuls robots mais recouvrent l'environnement au sens large (outils, pièces, infrastructure, etc.) et permettent grâce à l'étude des trajectoires, des variables articulatoires (rotations et translations, subies par les axes du robot), des temps de cycle, etc., d'optimiser le travail du robot.

Quels que soient, ensuite, la génération et le mode de chargement du programme réalisé, les temps restent de très loin inférieurs à ceux qu'aurait demandés une programmation par apprentissage. L'évolution logique de cette CAO ira vers : «la modélisation du process de peinture, la réalisation de systèmes experts permettant de simuler des process tels que la soudure à l'arc, la création de logiciels de CFAO volumique, la normalisation des fichiers intermédiaires ou des langages».

Comme on peut le voir l'approche CAO de la robotique ne constitue qu'une branche d'une CAO beaucoup plus générale qui vise, à long terme, à mettre entre les mains de tous les spécialistes la totalité du savoir-faire propre à l'automobile, concernant aussi bien la thermodynamique que la résistance des matériaux en passant par la robotique elle-même.

Simulation du soudage d'une BX avec un Barnabé.



1,2,3,4,5 AXES !
LES ROBOTS MANIPULATEURS MODULAIRES PNEUMATIQUES "3D"
• Mise en œuvre et réglages simples et rapides.
• Réutilisation possible (modulable).

"3D" VÉRIN ÉVOLUÉ MANIPULATEUR

Brevets et marque déposés

l'innovation pneumatique

schrader bellows

B.P. N° 29 - 25301 Pontarlier Cedex
2, avenue Victor Hugo - 92220 Bagneux
54, rue Greuze - 69100 Villeurbanne

Service lecteur : cerclez 262

FILOGUIDÉS

Schindler : ascenseurs et chariots filoguidés

La Suisse n'a pratiquement pas de matière première, ni de pétrole mais elle a des idées. Comme le Japon, elle achète tout à l'extérieur. Ce handicap ne l'a toutefois pas trop gênée pour se faire une place enviée sur le marché de la machine de précision. Mais, aujourd'hui, ce type de marché stagne. Il faut voir plus loin. Pour utiliser une expression à la mode, certaines entreprises suisses se sont mises à vendre leur «know-how», c'est-à-dire leur savoir-faire. Parmi elles, la société Schindler- Digitron, dont le siège est à Brügg près de Bienne. Pour elle, l'atelier flexible n'a plus beaucoup de secrets. Un après-midi passé avec M. Pointet, directeur de la filiale française, nous a permis d'en savoir un peu plus sur les ateliers de demain.

L'expérience Volvo

La maison Schindler fut fondée en 1874. Depuis des années, cette maison suisse s'est forgée une sérieuse réputation dans la fabrication des ascenseurs. Schindler est le numéro deux de l'ascenseur mondial — derrière l'américain Otis — et le numéro un en Europe. En France, Schlindler, c'est la société RCS (Roux-Combaluzier-Schindler), 3000 emplois et 5 usines de production. Cette firme est en outre spécialisée dans la fabrication des escaliers mécaniques, ainsi que dans les systèmes de stockage et de transport.

Au début des années 70, Digitron, une autre firme suisse, étudie en collaboration avec Volvo, un projet de réseau pour des chariots filoguidés à l'usine de Kalmar en Suède. C'est le premier pas vers l'atelier flexible. Par la suite, vue l'ampleur du projet, Volvo prend le contrôle de Digitron pour une raison de statégie industrielle.

En 1976, trois ans après le premier choc pétrolier et sentant le vent tourner, Schindler diversifie ses activitées. Cette année-là, le premier constructeur automobile suédois cède Digitron à Schindler qui devient Schindler-Digitron. La diversification porte alors principalement sur les installations de stockage, les systèmes de transport et les commandes de processus.

Actuellement, plus de 350 personnes travaillent, en Suisse et à l'étranger, pour cette firme : 90 ingénieurs, 70 informaticiens, une centaine de personnes à la production, 38 dans l'administration et une soixantaine dans le marketing. Des filiales un peu partout en Europe et des représentants aux USA et au Japon ont permis à l'entreprise de réaliser un chiffre d'affaires qui a atteint les 80 millions de francs suisses en 1984.

Seul maître à bord

Etudier et installer un système flexible de montage pour des moteurs chez General Motors ou concevoir un stockage automatique de 20 mètres (!) de haut pour IBM ne sont pas des projets qui rebutent les gens de Schindler-Digitron. A la condition toutefois, comme nous le dit M. Raymond Pointet, directeur de la filiale française : «que la conduite du projet et de la réalisation nous soit confiée dans son intégralité».

Aujourd'hui, l'outil le plus performant est sans valeur s'il n'est pas placé dans un contexte favorable. Dans une usine d'assemblage, la périphérie, c'est-à-dire le stockage et l'acheminement des pièces, est aussi précieuse que le robot lui-même. Avec le concours de l'ordinateur, l'acheminement cesse d'être rigide pour devenir flexible, c'est-à-dire adaptable aux conditions de travail et aux besoins précis de la production. Le travail cesse d'être monotone grâce à une carte plus copieuse sur le plan des «menus».

Mais un projet d'atelier comme ceux cités plus haut ne s'improvise pas. Il faut une étude préalable complète, un cahier des charges précis. Une approche interdisciplinaire permettra, en outre, de choisir la solution la mieux appropriée. L'étude d'un système comprend les phases suivantes :

1. Traitement des données de base
2. Ebauchage du système
3. Façonnage du système

Chacune de ces phases peut être ensuite

Acheminement d'un turbo-compresseur.

exécutée à un degré de détail différent pour les étapes suivantes :
a) Etude de l'avant-projet
b) Etude de réalisation
Le traitement des données de base figurant au point 1 rendra un précieux service lors des études d'avant-projet et de réalisation.
Lorsqu'il s'agit d'améliorer une situation existante, on procède à une saisie des conditions de travail momentané, suivi d'un ordonnancement systématique des données de l'entreprise considérée. Ensuite, on passe à la critique, tout en recherchant des solutions encore mieux adaptées aux besoins de l'utilisateur. Enfin, d'un commun accord avec le client, on définit des développements prévisibles pour en déduire les conditions et les objectifs à atteindre.
Parallèlement aux différents stades d'étude et de parcellisation du travail, il s'agira de trouver les réponses essentielles aux questions concernant les niveaux d'intégration et d'automatisation, ainsi qu'au choix des équipements. Lors de l'étude de réalisation, point b), on définira rendement et concept d'exploitation des différentes solutions retenues. Dans le calcul de rentabilité, n'entre pas seulement en ligne de compte le prix, mais aussi les performances de l'installation et la disponibilité.

3000 chariots filoguidés

A ce jour, Schindler-Digitron a vendu 3000 chariots filoguidés de par le monde, notamment aux USA et au Japon où la firme occupe une position de leader dans ce domaine. Le chariot filoguidé ou à guidage inductif, est un maillon impotant dans la chaîne de l'atelier flexible. Il représente actuellement une solution de remplacement moderne aux chariots à fourche, aux convoyeurs et aux chaînes de montage classiques.
Le chariot filoguidé, qui se transforme aussi en plateforme de montage quand cela est nécessaire, est un mode de transport rationnel de pièces et d'outils, entre deux postes de travail ou d'un magasin automatique à une fraiseuse par exemple. Sa conception modulaire facilite son

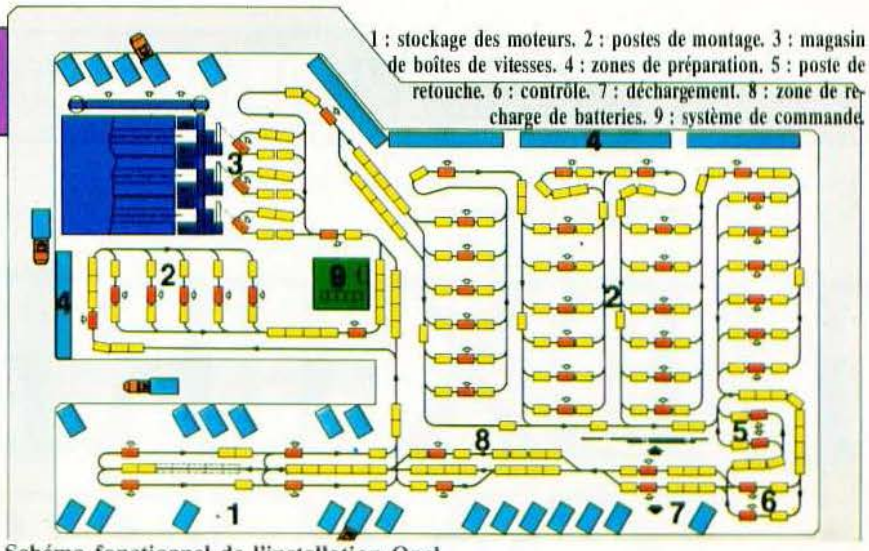


Schéma fonctionnel de l'installation Opel.

adaptation aux différentes applications industrielles. Il est généralement composé d'un ensemble d'entraînement standard et d'un dispositif porte-charge. Actuellement, trois types de chariots sont commercialisés : le Robomatic, le Robotrailer et le Robocarrier.
Le chariot filoguidé tire son énergie de batteries d'accumulateurs au plomb ou au nickel-cadmium. Des chargeurs spéciaux permettent de recharger directement les batteries d'accumulateurs sur les véhicules. Le procédé de recharge dépend, dans une large mesure, des conditions d'utilisation. Eploité par une seule équipe, le chariot offre plus de huit heures d'autonomie. La recharge s'effectuera en nocturne, par raccordement manuel ou automatique.
Lors d'une exploitation intensive des chariots, par deux ou trois équipes de travail, les batteries peuvent être rechargées par contact-frotteur sur les aires de «repos», pendant certaines opérations d'assemblage ou d'usinage, ou encore pendant les opérations de chargement.
Sur les longs parcours, on utilisera de préférence des lignes de contact spéciales, afin de ménager les batteries d'accumulateur. Le niveau de charge des batteries est surveillé automatiquement ; lorsqu'il est insuffisant, l'ordinateur fait le nécessaire pour achemener le chariot filoguidé vers une station de recharge.
Les nombreux dispositifs de sécurité embarqués permettent une exploitation sûre et sans danger du chariot filoguidé. Il suffit d'effleurer le chariot pour que celui-ci s'arrête. En outre, il peut aussi être piloté manuellement, à l'aide d'une boîte à boutons, lors des opérations d'entretien.
Le fil de guidage est l'élément principal de l'installation au sol des chariots Schindler-Digitron. Celui-ci est parcouru par un courant alternatif, produisant un champ magnétique qui agit sur les antennes du chariot. La liaison avec le système de commande s'effectue par des boucles, également noyées dans le sol. Les ordres de changement de vitesse et d'arrêt sont transmis par de simples repères métalliques à même le sol. Enfin, un système optique permet un trafic dense des chariots, sans que ceux-ci ne risquent de se toucher.
Une grande partie de l'«intelligence» du contrôle et de la commande du chariot est embarquée. Le chariot filoguidé développé par Schindler-Digitron agit donc de manière autonome pour la recherche de son trajet et la préhension des charges. Comme pour la circulation routière, les carrefours sont surveillés par des feux rouges ! Le contrôle de la circulation des chariots et leur affectation sont confiés à un ordinateur.
Aujourd'hui, de nombreuses usines nouvelles s'équipent de chariots filoguidés. Ils occupent maintenant une place de choix dans la productique. Sans eux, la flexibilité d'un atelier ou de toute usine serait difficilement imaginable. Grâce à eux, la qualité de la vie dans le travail s'en trouve améliorée : travail moins monotone, meilleure ergonomie, silence de fonctionnement et flexibilité accrue, c'est-à-dire possibilité d'exécuter des travaux moins répétitifs, en définitive plus intéressants. ■

A. Graber

L'EXTREME JONCTION

Le bilan d'un colloque attendu

Plus d'une centaine d'auditeurs et une dizaine de conférenciers étaient réunis les 30 novembre et 1er décembre 84 à Marseille, dans le cadre de l'IIRIAM, pour les premières journées «médecine informatique» ayant pour thèmes principaux «l'intelligence artificielle et la médecine» et «déontologie et informatique médicale».

Ces journées, organisées par la fédération nationale des associations pour l'application de l'informatique à la médecine (AIM), l'institut international d'intelligence artificielle et de robotique de Marseille (institut dont nous avons déjà eu l'occasion de parler dans notre numéro de décembre) et la faculté de médecine de Marseille, étaient plus particulièrement destinées aux médecins mais quelques participants de l'industrie privée ou nationalisée (Thomson, Sesa, CII Honeywell Bull) faisaient également partie de l'assistance.

Les divers exposés

L'organisation de ces journées nous a semblé particulièrement logique avec en première partie des exposés généraux relatifs aux systèmes experts appliqués à la médecine, en deuxième partie un certain nombre d'exemples «pratiques» dont la majorité sont, malheureusement, encore au

stade de prototypes de laboratoires et, en dernière partie, une table ronde consacrée aux problèmes déontologiques posés par l'utilisation de l'informatique en médecine.

Micro et Robots n'étant pas une revue médicale, nous laisserons de côté, malgré leur intérêt, les exposés très techniques de présentation de systèmes médicaux pour nous attacher seulement à l'aspect intelligence artificielle appliquée à la médecine.

Les systèmes experts en médecine

Un brillant exposé de Monsieur le Professeur Roux de la faculté de médecine de Marseille a eu le mérite de synthétiser tout à la fois les divers avantages résultant de l'utilisation des systèmes experts en médecine mais aussi les problèmes posés en raison du caractère particulier de la «science médicale».

Rappelons très brièvement ce qu'est un système expert (pour plus de détails vous pouvez consulter notre numéro de décembre 1984). Un système expert est un système informatique capable de raisonner de façon aussi proche que possible qu'un humain. Il interprète des faits grâce à un certain nombre de règles contenues dans une base de connaissances et en déduit des informations. Un tel système est conçu pour être manipulé par un non-informaticien, les faits et les connaissances qui lui sont fournis l'étant dans un langage très proche du langage naturel et acceptant le «jargon» propre à chaque domaine d'activité dans lequel le système doit être utilisé.

Cela vu, l'intérêt des systèmes experts en médecine recouvre de multiples domaines tels que :

— L'aide au diagnostic.

— L'aide à la thérapeutique qui, d'après le Professeur Roux, constitue une des plus fortes demandes du moment.

— L'aide à l'enseignement notamment pour la simulation de cas cliniques.

— L'aide à la recherche clinique par mise en évidence de déductions «logiques» non encore réalisées du fait du nombre considérable de paramètres à maîtriser pour chaque pathologie.

— L'interprétation de tests médicaux.

Un certain nombre de contraintes, propres à la médecine, sont cependant à prendre en compte et viennent sérieusement compliquer les problèmes propres aux systèmes experts. Elles peuvent être résumées de la façon suivante :

— La formulation des connaissances n'est pas aisée car nos connaissances des diverses pathologies sont plus ou moins bonnes et précises.
— Le volume des connaissances à utiliser est très important.
— L'enseignement de la médecine par stéréotypes est très difficile et ne remplace en aucun cas l'expérience pratique acquise sur le terrain.
Indépendamment de ces contraintes, un certain nombre de problèmes liés à la sécurité viennent compliquer la mise en œuvre des systèmes experts dans le domaine médical ; le principal étant que la mort du malade peut résulter d'une erreur du système. Bien sûr, elle peut aussi résulter d'une erreur de diagnostic d'un médecin mais ce problème n'a malheureusement pas été abordé lors de ces journées et c'est un peu dommage car le droit à l'erreur accordé au soignant humain ne semble pas l'être au soignant «informatique»...
Par ailleurs, les médecins souhaitent que les systèmes experts mis à leur disposition soient à même d'expliquer chaque phase de leur raisonnement afin de «pouvoir le contrôler et le vérifier» (sic). Ici encore on peut se demander le pourquoi d'un système expert...
Compte tenu de ces problèmes et contraintes, le Professeur Roux, qui croit fermement à l'avenir des systèmes experts en médecine, pense que l'on ne verra pas de machines en usage courant avant 2 à 4 ans.

La déontologie

S'il est une profession régie par un certain nombre de règles très strictes, c'est bien celle de médecin au sens le plus large du terme ; qui ne connaît en effet le «secret professionnel» évoqué très souvent. Ces règles qui constituent la déontologie de la profession doivent s'appliquer aux systèmes experts utilisés en médecine et l'AIM a ainsi édicté un certain nombre de règles relatives à l'utilisation de l'informatique en milieu médical. Nous pensons qu'il est intéressant de vous en communiquer quelques unes, vous laissant seuls juges de leur valeur car une longue polémique pourrait s'instituer au sujet de certaines d'entre elles ; ainsi :
— Tout intervenant (les informaticiens participant à l'élaboration des programmes ou à leurs essais sont donc concernés) doit respecter le secret professionnel et la «loi» (laquelle ?) sur le secret statistique.
— Il ne doit pas chercher à avoir accès à d'autres informations que celles qui lui sont nécessaires pour travailler.
— Il doit connaître tous les cheminements possibles de l'information afin de pouvoir en contrôler la diffusion.
— Le responsable du système informatique doit vérifier, que pour tout usage des informations, chaque «fournisseur» d'information a donné son accord car tout médecin reste propriétaire de l'acte intellectuel médical effectué sous sa responsabilité.
— Les responsables du recueil des données devront également informer le malade que des données le concernant pourront être traitées par informatique et lui laisser le droit de refuser.
— Des clés de protection doivent être installées sur le système afin d'en limiter l'accès aux seules personnes habilitées.
Toutes ces règles, dont nous n'avons reproduit que les plus importantes, sont évidemment utiles, compte tenu du type d'informations manipulées mais il est évident qu'elles viennent alourdir la mise en œuvre de tout système d'informatique médicale et qu'elles doivent donc être considérées comme des contraintes à ajouter à celles exposées précédemment.
Un certain nombre de réalisations, en cours, en projet, au stade de maquettes ou de prototypes ont été présentées lors de ces journées. Nous n'entrerons pas dans le détail de leurs fonctions qui sortirait du cadre de la revue et nous nous bornerons donc à les citer :
— REINART est un système expert appliqué au rein artificiel (CRIM de Montpellier)
— TROPICAID-I est un système général d'aide à la décision médicale pour les infirmiers des pays en voie de développement (CHU Pitié-Salpétrière),
— HEMOCAD est un système expert d'aide au diagnostic et à l'enseignement en hémostase (Hôpital Jean Rostand d'Ivry),
— SELF est un générateur simple d'aide à la décision médicale (INSERM U 115, Faculté de médecine de Vandœuvre),
— SPHINX est un système expert utilisable en thérapeutique du diabète (Faculté de médecine de Marseille),
— GENDIAG est un système expert utilisable en génétique médicale (Faculté de médecine de Marseille).
On le voit les applications des systèmes experts en médecine, malgré les contraintes et problèmes précédemment exposés, sont déjà assez nombreuses et la meilleure conclusion que l'on puisse apporter à ces divers exposés et celle du Professeur Boisvieux de l'hôpital de la Pitié-Salpétrière à qui nous laissons la parole.

Conclusion

Des développements importants au plan du génie logiciel en intelligence artificielle rendent maintenant possible la création de systèmes ayant un impact prévisible important dans le domaine de la médecine.
Le développement de l'intelligence artificielle a été jusqu'ici une affaire de pionniers qui ont expérimenté sur des domaines très limités. Leurs efforts ont principalement porté sur la réalisation de systèmes dont certains sont suffisamment au point pour être effectivement utilisés. Il est maintenant nécessaire de cerner les limites de ces systèmes en développant des applications en nombre suffisant. Cela ne peut-être réalisé sans un effort d'appropriation de ces outils comparable à celui qui a été nécessaire aux médecins pour maîtriser les outils statistiques de base.
Un travail parallèle tout aussi important est nécessaire pour approfondir et développer les bases théoriques de cette discipline nouvelle. C'est grâce à ce double investissement que nous pouvons espérer voir réaliser les espoirs que porte l'intelligence artificielle. ■

C. Tavernier

SANS FRONTIERES

Tropicaid 2 : un S.E. d'aide à la décision médicale pour les infirmiers des pays en voie de développement.

Le 30 novembre et le 1er décembre 1984 se sont tenues à Marseille les premières journées médecine - informatique principalement consacrées à l'intelligence artificielle ; journées dont nous vous rendons compte dans ce numéro. Lors de ces journées, plusieurs systèmes experts appliqués à la médecine ont été présentés. Nous en avons choisi un que nous aimerions vous décrire aujourd'hui car la clarté de sa conception met bien en évidence les divers éléments constitutifs d'un tel système. De plus, il n'est pas nécessaire d'avoir des connaissances approfondies en médecine pour suivre son fil conducteur.

Présentation

Tropicaid 2 puisque tel est son nom est un système expert d'aide à la décision médicale pour les infirmier(e)s des pays en voie de développement ; il fait suite à un premier système plus restrictif, Tropicaid 1, qui a eu pour avantage de vérifier la faisabilité de cet ensemble. Un tel système doit apporter à l'infirmier une aide dans l'un des trois domaines suivants :

— utilisation des médicaments,
— traitement d'une maladie donnée,
— décision thérapeutique pour un patient donné.

Pour réaliser cet objectif, seul un système expert exploitant trois bases de connaissances indépendantes mais coordonnées et centrées sur les médicaments, les thérapeutiques et les diagnostics, convient. L'étendue des connaissances et leur complexité conduit à utiliser une représentation de celles-ci par cadre sémantique ou «frame».

Indépendamment de cela, les conditions d'emploi du système (pays en voie de développement) induisent des contraintes quant au choix du matériel à utiliser et donc, du logiciel et des capacités mémoire.

La base de connaissances

Le système contient trois bases de connaissances. La première est une base de données pharmacologiques qui contient les 200 médicaments essentiels de l'Organisation Mondiale de la Santé. Les informations de chaque médicament sont groupées dans une fiche comportant plusieurs champs : indications, contre-indications, précautions d'emploi, signes d'intoxication, effets adverses, présentations et posologies. Ce dernier champ est constitué d'une dizaine de règles qui permettent de déterminer la posologie en fonction du contexte clinique.

La deuxième est une base de données thérapeutiques qui concerne toutes les maladies non exceptionnelles susceptibles d'être rencontrées dans les pays concernés. Elle est organisée en fiches comportant chacune 3 champs. Le premier champ contient les règles qui permettent de déterminer le traitement en fonction du contexte et des médicaments disponibles. Le deuxième champ contient un indice de priorité de la maladie (maladie grave de traitement urgent, maladie grave mais de traitement non urgent, etc.). Le traitement champ, enfin, contient les signes cliniques sur lesquels le traitement agit.

La troisième base de données est une base de données diagnostiques qui concerne les mêmes maladies que celles de la base thérapeutique. Les maladies sont présentées sous forme de fiches comportant 2 champs. Le premier est constitué par l'ensemble des règles d'évocation qui permettent d'affecter au diagnostic considéré un poids (faible, moyen, fort). Ces règles concernent les symptômes élémentaires au nombre de 150. Le deuxième champ, quant à lui, contient l'ensemble des règles qui permettent d'attribuer un degré de certitude au diagnostic. Elles sont au nombre de 2000 environ. A chaque signe des trois bases présentées précédemment est

associée une question dont la réponse peut être oui, non, inconnu ou un choix dans une liste de possibilités exclusives.
A chaque question est associé un indice permettant de ne pas poser les questions auxquelles il serait impossible de répondre compte tenu des possibilités matérielles de l'utilisateur.
Un ensemble de règles relie les signes et questions dans un réseau qui se construit au fur et à mesure du développement de la base de faits et qui assure la cohérence des questions posées.
Les différentes bases de connaissances possèdent plusieurs paramètres afin d'adapter Tropicaid 2 à son environnement (niveau de connaissances de l'utilisateur, moyens d'investigation, possibilités thérapeutiques, existence d'épidémies.

La base de faits

Elle est constituée par les réponses aux différentes questions posées. Ces faits comprennent les prémisses des règles qui interviennent dans les trois bases de données. Chaque fait est caractérisé par un état qui peut être : vrai, faux, inconnu, non vérifiable, pas encore déterminé. Chaque fait de type diagnostic, quant à lui, est caractérisé par un état qui peut-être : à ne pas évoquer, à évoquer, à évoquer fortement, certain, très probable, impossible.

Fonctionnement

Tropicaid 2 peut être utilisé comme une base de données que l'on consulte avec des menus de sélection emboîtés. Les règles contenues dans les champs des diverses fiches étant exploitées pour faciliter cette consultation. Mais Tropicaid 2 peut aussi être utilisé pour la décision thérapeutique qui est une fonction beaucoup plus complexe. Son fonctionnement peut être décomposé en trois étapes.
La première étape consiste à saisir les symptômes signalés par le patient au moyen de grilles de sélection successives. Partant de là, le système utilise un réseau de règles annexes conduisant à poser des questions relatives à des symptômes non exprimés mais associés à ceux recueillis. La deuxième étape sélectionne les maladies en fonction des données collectées et compte tenu des règles exprimées dans la base de données diagnostiques. Les diagnostics sont alors classés en fonction d'un indice calculé en tenant compte de divers paramètres (fréquence de la maladie, indice de priorité, etc.). Partant de là, et en utilisant les règles de la base de données diagnostiques, la ou les questions les plus pertinentes à poser sont déterminées. A ce moment, un chaînage arrière détermine si la ou les questions peuvent être posées immédiatement ou si elles nécessitent d'autres questions préalables. Le système recommence ensuite ce processus autant de fois qu'il est nécessaire pour qu'apparaisse un critère d'arrêt. Ce critère dépend du nombre de questions posées, de la prise en compte des signes à traiter et du nombre de maladies prioritaires qui n'ont pas fait l'objet de vérifications.
La troisième étape choisit une thérapeutique à partir du ou des diagnostics qui ont été retenus. S'il y a plusieurs diagnostics, ils sont classés en tenant compte de leur fréquence, de leur degré de certitude, de leur degré de priorité et des possibilités thérapeutiques. Pour les diagnostics certains, le programme propose un traitement spécifique. Pour les très probables, un traitement spécifique est proposé sauf si plusieurs diagnostics très probables ont un traitement de groupe commun. Pour les diagnostics probables, seuls les traitements de groupe sont proposés. Dans tous les cas, deux traitements au maximum sont proposés et le deuxième n'existe que si le premier n'agit pas sur tous les signes à traiter constatés chez le patient.

Conclusion

Le système Tropicaid 2, tel qu'il a été décrit lors des journées évoquées en introduction à cet article, doit être évalué par des équipes de *Médecins sans Frontières* au printemps de cette année en Afrique. Nous avons cependant jugé intéressant de vous le présenter car le cheminement du raisonnement et les connexions relatives entre les bases de données sont assez faciles à imaginer (ce qui ne veut pas dire que la concrétisation en soit aisée). Le présent article utilise de larges extraits de la communication faite par MM. Emmanuelli, Van Loock et Gilbos de *Médecins sans Frontières* ainsi que de MM. Auvert, Le Thi Huong Du, Aegerter, Bosseau, Boutin, Landre, et Philippe de l'Inserm U 88, CHU Pitié Salpétrière. Qu'ils en soient ici remerciés.

Bibliographie

Pour ceux qui souhaiteraient en savoir plus, voici une sélection de références bibliographiques proposée par les auteurs de la communication concernant Tropicaid 2 :

— «Man machine symbiosis in the assistance and training of rural health workers : a proposal». Goldberger H. et Swchenn P. dans «Meeting the challenge : informatics and medical education». Elsevier science publisher B.V. (North Holland).
— «Diagnostic pathways in clinical medecine» par Essex B.J. Churchill Livingstone 1980.
— «A framework for representating knowledge» de Minsky M. dans «The psychology of computer vision». Winston, Mac Graw Hill, 1975.
— «Intelligence artificielle en médecine. Des systèmes experts» de Fieschi M.. Masson, 1984.
— «Internist 1, an experimental computer based diagnostic consultant for general internal medecine» par Miller R.A., Pople H.E., Myers J.D. New England, J. Med. 1982.
— «A hand held computer usable by rural health workers for medical decision making» par Auvert B., Boutin Ph., Le Beux P., Aegeter Ph., Gérard Ph. et D., Le Thi Huong Du, Emmanuelli X., Hap B.. Microcomputer applications in medecine and bioengineering. Octobre 1984. New York. ■

C. Tavernier

PROCES EN COU

Deux grandes innovations dans ce système expert : la prise en compte de l'aspect temporel et évolutif de l'information et la structuration de l'univers des connaissances...

La société ITMI présente avec PILOTEX le premier système expert capable de prendre en compte les problèmes d'exploitation, de supervision et de surveillance dans le domaine des processus continus (chaînes, séries de fabrication...), qui concernent en particulier les industries de production ou de transformation et plus généralement les situations d'exploitation en série. La diversité des informations et des traitements possibles dans ces domaines a imposé une progression technologique au niveau des techniques d'intelligence artificielle mises en œuvre dans PILOTEX.

Les principales innovations sont la prise en compte des aspects temporels apparaissant dans ces types de tâches, la structuration du savoir contenu dans la base de connaissances, la grande modularité des logiciels permettant une adéquation facile au type de raisonnement à effectuer, et l'intégration à un ensemble complet de logiciels et services développés par ITMI pour la mise en place de systèmes experts (SE) en industrie.

Cet ensemble permet en effet de tester l'intérêt d'une approche SE pour un problème donné et de définir très précisément le cahier des charges du système final qui peut en découler. Celui-ci comprend notamment les progiciels nécessaires au «raisonnement» (système-expert «nu»), un audit des experts indispensable à l'élaboration d'une première base de connaissances, une formation des utilisateurs et une réflexion sur l'intégration du système en grandeur réelle. L'essentiel du travail doit porter sur l'élaboration de la base de connaissances et non sur le développement de logiciels spécifiques. Grâce à l'adaptabilité et la portabilité de ses logiciels (comme PILOTEX), il est possible à ITMI de réaliser rapidement un véritable SE traitant complètement un sous-problème significatif de l'application visée. Enfin, la maîtrise complète des logiciels et des compétences nécessaires au développement, à la mise au point et au suivi des systèmes permet à ITMI de ne pas être assujetti aux problèmes de communications entre France et Etats-Unis ou Angleterre.

Systèmes experts : une philosophie d'abord

Au début des années 60, une des ambitions des chercheurs en informatique était de trouver un démonstrateur général de théorèmes qui aurait pu résoudre n'importe quel problème énoncé sous des formes mathématiques. Après de nombreuses tentatives infructueuses, les objectifs dans ce domaine ont été ramenés à de plus justes proportions en réalisant des systèmes spécialisés dans quelques types de problèmes. Certains développements ont d'ailleurs donné naissance au concept «système expert». Curieusement, le même phénomène se reproduit aujourd'hui dans ce domaine des systèmes experts où de nombreuses études portent encore sur le programme capable de satisfaire, aussi bien les experts en analyse graphologique, que ceux spécialistes de la gestion d'un

SS
RS

portefeuille financier. Force est de reconnaître que ces logiciels se révèlent en fait décevants à l'usage. ITMI a préféré, dès le départ, afficher clairement les objectifs des systèmes experts qu'elle produit : la conduite-maintenance de processus industriels et les problèmes de planification avec contraintes. C'est la première catégorie qui fait l'objet de cette présentation.

L'autre «serpent de mer» des applications de l'intelligence artificielle sont les systèmes experts «à monter soi-même» : l'utilisateur achète un système expert «nu», une ou deux semaines de formation et tente d'écrire la base de connaissances lui-même. Cette méthode, si elle est adaptée pour l'initiation aux techniques de l'IA, se révèle peu convaincante quand il s'agit d'une implantation réelle, non seulement à cause de programmes trop généraux pour s'adapter aux situations spécifiques, mais aussi parce qu'elle ne prend pas en compte les réalités des domaines industriels dans lesquels peuvent être développés les SE :

— Un SE doit s'intégrer dans un ensemble et donc tenir compte de l'environnement d'implantation.

— Dans l'état actuel des connaissances sur la communication homme-machine, les experts ont besoin d'un audit externe pour mettre au point leur première base de connaissances ou doivent posséder de sérieuses bases en informatique et en IA.

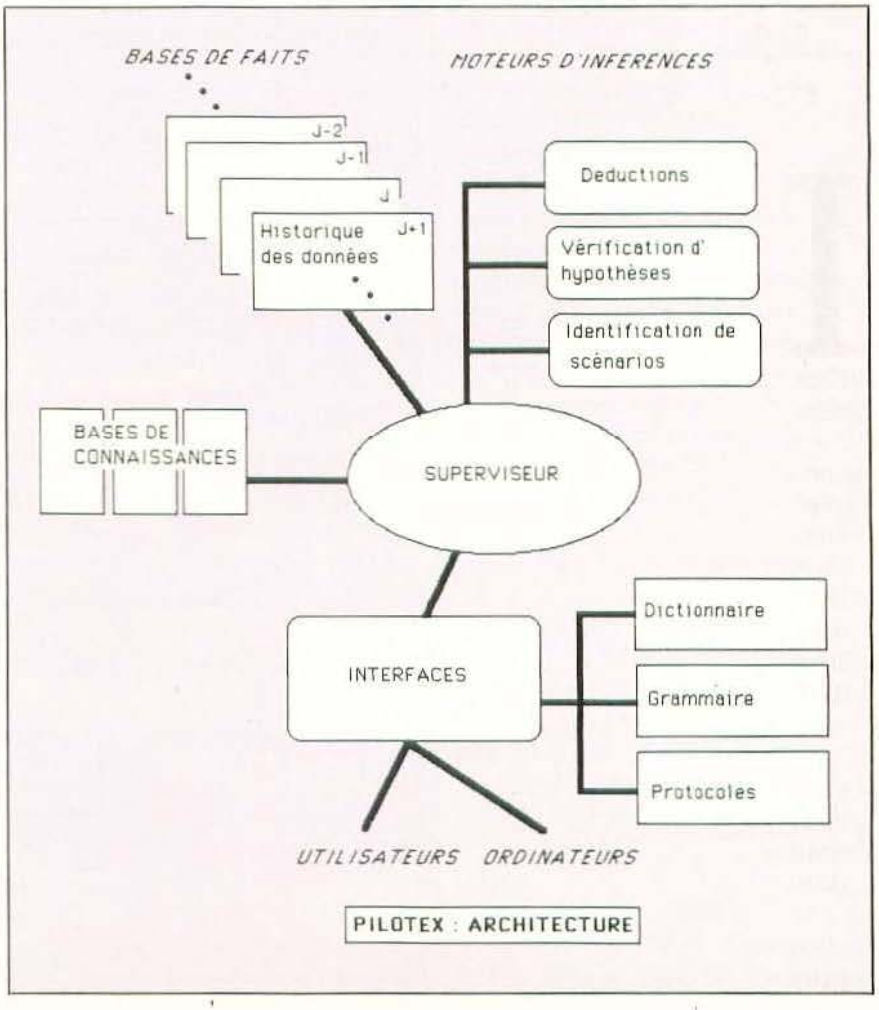
— Une véritable rentabilité du SE ne peut être obtenue que par un investissement suffisant qui garantit l'adéquation du SE au problème à résoudre et à ses évolutions futures.

C'est donc avec cette analyse du phénomène système expert pour l'industrie qu'ITMI a mis au point ses méthodes de développement de bases de connaissances, d'implantation du système sur le site, et ses logiciels modulaires intégrés en fonction du problème traité.

Pilotex : objectifs et possibilités

Pilotex est destiné à produire rapidement une maquette de faisabilité traitant entièrement un problème significatif de l'application industrielle. Il doit permettre de minimiser l'écriture de logiciels au profit de l'analyse des connaissances expertes, d'autoriser une spécification du système traitant l'ensemble des tâches à superviser et doit enfin pouvoir être mis en place rapidement.

Pilotex est bien sûr un système expert à part entière mais aussi un logiciel informatique destiné à des utilisateurs aux connaissances et aux objectifs différents. C'est ainsi que l'ergonomie a été particulièrement soignée (correction d'erreurs d'or-



PILOTEX : ARCHITECTURE

thographe, aide en ligne, menus optionnels...), que des outils classiques ont été développés (éditeur, gestion de fichiers, base de données en ligne...) et que la présentation et la manipulation de l'expertise a été conçue pour être utilisable aussi bien dans des laboratoires de recherche industriels qu'en situation d'exploitation réelle.
Les deux grandes innovations techniques de ce système-expert sont la possibilité de gérer l'aspect temporel et évolutif de l'information : pouvoir parler d'hier, de demain, faire des prévisions, etc., et la structuration de l'univers des connaissances : le savoir n'est plus stocké «en vrac» dans le système mais architecturé, ce qui permet à l'expert une richesse d'expression plus grande et facilite l'implantation de nouvelles connaissances.
Afin d'illustrer tous ces aspects, nous allons donner un exemple simple (en terme d'expertise) de régulation de chauffage industriel. On imaginera une entreprise possédant 3 types de chauffage, une pompe à chaleur, une chaudière à mazout et des radiateurs d'appoint électriques. Le problème est de commander ces sources de chaleur en prenant en compte les aspects de coûts (une pompe à chaleur est plus rentable qu'une chaudière traditionnelle au-dessus de 0 degrés), de confort (il ne doit pas y avoir moins de 18 degrés dans les bureaux), d'emploi du temps (ne pas chauffer le week-end et les jours fériés), d'inertie thermique des différentes parties du bâtiment (certaines pièces se chauffent plus lentement que d'autres) et d'inertie des sources de chaleur elles-mêmes (le chauffage électrique est cher et rapide).

La structuration des connaissances

L'expert dispose ici d'un véritable langage de description pour développer la base de connaissance du SE. Il a en effet 5 catégories de concepts pour décrire son savoir ; les 2 principales sont les objets et les règles.

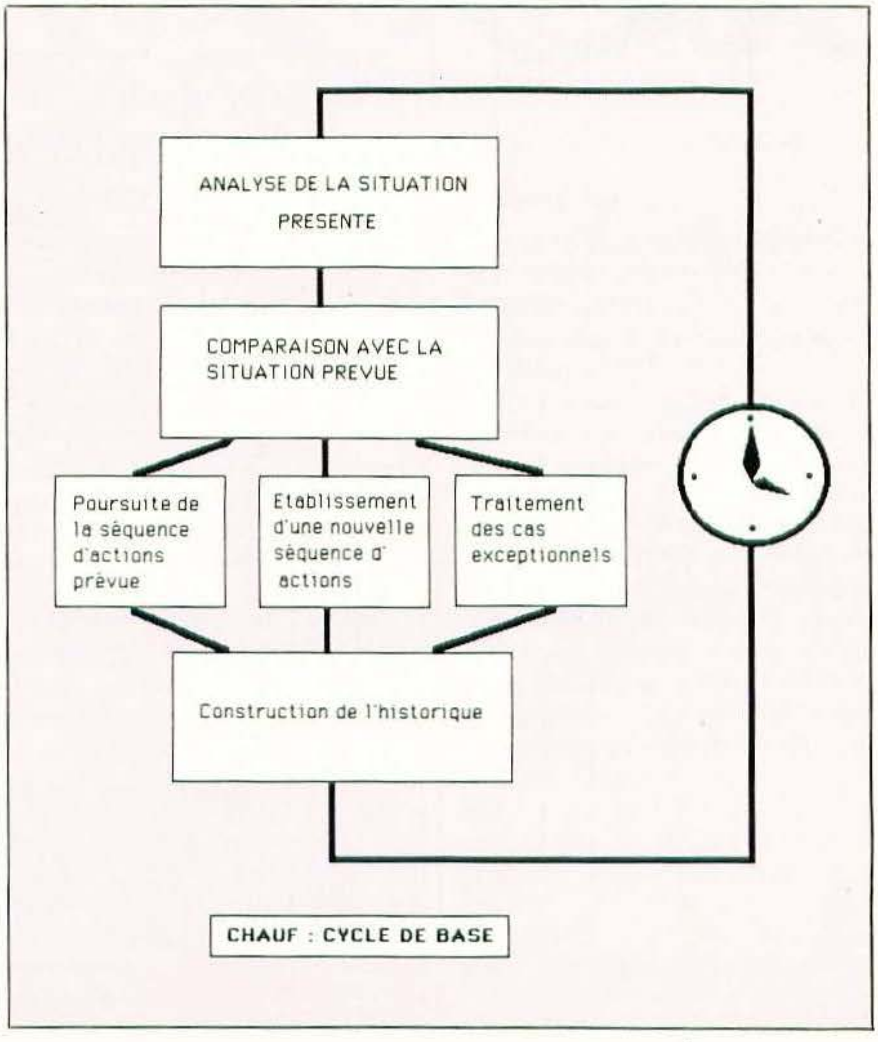
— **Les objets :**

Ceux-ci permettent à l'expert non seulement d'apprendre un nom au système mais aussi de décrire ce que recouvre ce nom et comment il doit être manipulé. Par exemple, si la température est une donnée importante dans la conduite du processus, l'expert pourra la décrire dans les termes suivants :

Nom : température
Durée de vie : — 7, + 7
On s'intéresse uniquement aux valeurs de température des 14 jours encadrant le jour de l'expertise.
Classes : observation, primordial
On cite ici un ensemble de qualificatifs s'appliquant à la température qui pourront servir dans l'expertise ou comme critères de consultation de la base de données.
Propriétés (ou points de vue) : mesure, évaluation, valeur d'alarme.
Ces propriétés sont différentes façons de considérer la température : à certains moments, on peut avoir besoin d'une donnée exacte (la mesure aujourd'hui est de 12,3 degrés), à d'autres une estimation sera suffisante (froid, normal, chaud, très chaud), à d'autres encore on aura besoin d'un seuil (alarme, pas d'alarme). Une fois l'objet décrit, sa désignation se fait ensuite simplement en indiquant successivement le nom, la propriété et le temps désirés. Ainsi température/mesure désigne la mesure de la température au moment de l'expertise ; température/évaluation, — 1 désigne l'évaluation de température à l'intervalle de temps précédent (hier, une heure avant, une année avant selon l'application).

— **Les règles**

Elles permettent à l'expert de traduire les relations et les opérations sur l'univers des objets décrits. Ces règles sont organisées en différentes bases, ce qui facilite la description modulaire du savoir et surtout rend les phases de mise au point et d'en-



CHAUF : CYCLE DE BASE

richissement des connaissances moins délicates que dans les systèmes où les règles sont stockées «en vrac». Cette organisation réalise aussi des gains de temps non négligeables : les bases de règles sont activées par un programme «superviseur» qui décidera en fonction de certains points de contrôle intermédiaires de continuer le raisonnement dans telle ou telle voie. Par exemple, si la détermination de l'état du processus indique une situation alarmante, le superviseur s'écartera de la séquence de traitement classique pour activer les règles prévues en cas d'alarme et seulement dans ce cas là. Le superviseur décidera aussi de la façon de manipuler les règles : déduction, vérification d'hypothèses, ou encore alternance des deux méthodes selon l'étape de raisonnement en cours.

L'accès à l'information lors de l'examen d'une règle par Pilotex fait l'objet d'une stratégie élaborée dont le but est de minimiser le nombre de demandes à l'utilisateur. Cette stratégie s'appuie aussi bien sur la forme de la règle que sur la description de l'univers donnée par l'utilisateur : le système raisonne avant toute chose sur les informations dont il dispose déjà ; lorsqu'une donnée doit lui être fournie, il examine le type de cette donnée : est-elle calculable, demandable, interpolable, a-t-elle une valeur par défaut... ? et agit en conséquence pour obtenir cette information.

Par exemple, si la règle à examiner est :
SI (puissance-consommée. mesure > puissance-consommée. normale)
ET (tendance <température-intérieure> = décroissant)
ALORS (chauffage. alarme = «chauffage inopérant»)
et que la puissance-consommée est connue du système sous la forme suivante :
puissance-consommée
(0 0)
(calcul non-demandable)
(valeur nombre inconnu
calcul-puissance <température. mesure temps-chauffe. valeur>).

Ce qui se lit comme suit : la puissance-consommée n'est intéressante qu'au moment de l'expertise (durée de vie = 0, 0), elle appartient aux catégories «calcul»

EXEMPLE DE CONSULTATION

```
CHAUF > session consulte
SES CONS > action-proposée, changer-débit
  1/2 : action-proposée, changer-débit = 2

SES CONS > mesure, évaluation
  1/2 coût-gaz, évaluation = normal
  1/2 niveau-eau, évaluation = normal
  1/2 niveau-gaz, évaluation = normal
  1/2 capteur-fuite-gaz = faux
  1/2 température-intérieure, évaluation = très froid
  1/2 température-extérieure, évaluation = très-froid
  1/2 jour, évaluation = normal
  1/2 heure, évaluation = heure-de-la-journée

SES CONS > température-intérieure . * . *

   1/2 température-intérieure, mesure = 10
  31/1 température-intérieure, mesure = 8
   1/2 température-intérieure, évaluation = très-froid
  31/1 température-intérieure, évaluation = très-froid

SES CONS >* . * . * = 8

  31/1 température-intérieure, mesure = 8
```

EXEMPLE D'EXPERTISE

```
CHAUF > session exp
sesion → session
exp → expertise
EXPERTISE CHAUFFAGE INDUSTRIEL 1/2/85
→ ANALYSE DE LA SITUATION PRESENTE ←
. . . . . .
Jour : Lundi normal
Heure : heure de la journée
→ CHOIX DE LA SOURCE DE CHALEUR ←
. . . . . .
Quelle est la température extérieure ? (nombre attendu)
7
. . . . . .
SOURCE DE CHALEUR CHOISIE : POMPE A CHALEUR
→REGULATION DU CHAUFFAGE ←
. . .
Quelle est la température intérieure ? (nombre attendu)
10
. . . . . .
ACTION PROPOSEE : Augmenter le débit de 2 unités et mettre l'appoint en chauffage électrique
→ ALARME EVENTUELLE ←
. . . . . .
Pas d'alarme
```

et «non-demandable», elle ne possède qu'une propriété : sa valeur qui est un nombre par défaut inconnu et qui se calcule en appliquant la fonction «calcul-puissance» (fonction écrite par l'utilisateur) sur les paramètres de température et de temps de chauffe de la journée.
Dans ce cas précis, au moment où Pilotex cherche la valeur de la puissance consommée et si cette valeur n'est pas encore connue, le calcul nécessaire pour la détermination de cette valeur sera effectué. Cet exemple permet d'illustrer une autre catégorie de concepts disponible à l'expert : les fonctions. Cette possibilité autorise entre autres l'écriture une fois pour toutes des fonctions utilisées fréquemment dans les raisonnements (tendance, moyenne, écart-types, seuillages...) ou encore indique dans la description des objets si une valeur est déductible d'autres valeurs par l'application d'une fonction sans générer de «pseudo-règles» à usage strictement calculatoire. Les fonctions peuvent aussi servir à exprimer la propagation du degré de confiance des objets dans les cas où le système gère des informations incertaines. Cette structure allège considérablement l'écriture des règles et permet à l'expert d'exprimer des relations parfois fort complexes entre les propriétés d'objets.
Les autres catégories de concepts concernent la représentation des valeurs dans le système : Pilotex doit pouvoir raisonner sur des nombres mais aussi manipuler des mots représentant des valeurs. Par exemple : chaud, intense, augmenter, minimal, etc. et tous les mots utilisés par l'expert pour symboliser une mesure, un état, une action,..., doivent être connus et manipulables par le SE. Pilotex dispose ici d'échelles (si les mots sont ordonnés entre eux) ou de collections (dans le cas inverse) pour ce type de manipulations.

— Les autres concepts

Pilotex contient encore les notions de constantes, de collections et d'échelle de valeur qui favorisent encore l'expression de l'expert pour la description de ses connaissances.

EXEMPLE DE JUSTIFICATION DE RAISONNEMENT

```
CHAUF > ses jus
ses → session
jus → justifie
SES JUS > action-proposée, changer-débit
action-proposée, changer-débit à pour valeur 2 unités et a été trouvée grâce à la
règle de régulation 7 dont l'énoncé est :
SI (état-actuel < > satisfaisant                    ET
    jour < > congé                                  ET
   heure = heure-de-la-journée                      ET
   température-intérieure = très-froid              ET
   tendance (température) < > réchauffement)
ALORS
    (action-proposée, changer-débit = 2             ET
    prévision, température-intérieure = froid)
SES JUS > température-intérieure
température-intérieure a pour valeur très-froid et a été obtenue par l'application
de la fonction discrétisation-température sur le paramètre température-intérieure,
mesure de valeur 9 au 1/2/85. Enoncé de la fonction :
discrétisation-température (temp) : échelle-température

[ SI (temp < — 40 OU temp> 50) ALORS alarme
  SINON [ SI temp < 11 ALORS très-froid
  SINON [ SI temp < 18 ALORS froid
  SINON [ SI temp < 21 ALORS normal
  SINON [ SI temp < 25 ALORS chaud
  SINON très chaud ]]]]]
```

Pilotex en fonctionnement

Nous allons uniquement présenter les aspects de l'expertise de Pilotex dans ce chapitre. Le menu offre a ce niveau 4 possibilités :
— Expertise qui réalise la série de déductions et vérifications sur les différentes bases de règles en fonction des données du moment.
— Justification qui permet après une expertise de remonter EN INTERACTION avec l'utilisateur à travers le raisonnement complet qui vient d'être effectué.
— Consultation qui réalise les accès à la base de données intégrée et peut fournir par exemple toutes les mesures entre hier et avant-hier, ou les dates auxquelles la mesure de température était égale à 12, ou encore l'ensemble des prévisions du système pour les 3 prochains jours.
— Enregistrement qui stocke en dehors de toute expertise des valeurs données par l'utilisateur (présentes, passées ou futures).
Des exemples d'expertise de justification et de consultations sont présentés dans les encadrés 1, 2 et 3.
Pilotex peut recommencer autant de fois que nécessaire l'expertise en cours et s'adapte donc non seulement aux situations réelles de production mais aussi aux recherches et développements réalisés dans le cadre de ces productions. L'utilisateur peut, bien sûr, «naviguer» de l'éditeur au gestionnaire de fichier, à l'expertise... ce qui est particulièrement utile pendant les phases de mise au point de nouvelles règles. Enfin «Last but not least», la possibilité de réaffecter le clavier et/ou l'écran à n'importe quel fichier de texte autorise l'écriture d'enchaînements automatiques de commandes, la lecture de fichiers, de données mis en forme par un autre programme, ou encore l'impression des résultats sur imprimante assure l'insertion facile de Pilotex dans l'environnement informatique et humain. ■

J.-M. Husson

SYSTEMES EXPERTS

LES APPLICATIONS

Un tour d'horizon de systèmes experts existants

Depuis quelques années déjà, la plupart des revues techniques abordent le sujet de l'intelligence artificielle. Cette mode s'est développée en particulier depuis que le MITI japonais a annoncé son projet grandiose d'ordinateurs de la 5e génération dès la fin de 1981.

Aux débuts de l'intelligence artificielle, c'est-à-dire dès la fin des années 50, on prévoyait des applications rapides dans de nombreux domaines. Or, ces espoirs furent déçus, car ils reposaient sur une sous-estimation de l'ampleur des problèmes à résoudre. Parmi ces échecs, on peut citer celui de la traduction automatique. Les travaux dans ce domaine ont d'ailleurs pratiquement cessé à la suite du rapport d'une commission d'évaluation, le rapport ALPAC, qui concluait à l'impossibilité de trouver une solution convenable.

Aujourd'hui, la situation évolue très rapidement, en raison en particulier de l'apparition de nouveaux composants, de l'abaissement de coût du matériel, et de la disponibilité d'outils logiciels de plus en plus sophistiqués.

Parmi les applications de l'intelligence artificielle figurent en bonne place les systèmes experts, qui ne sont plus à l'état de projet, mais qui constituent des réalisations tout à fait opérationnelles.

Les domaines d'application

Historiquement, les premières applications de prototypes de systèmes experts ont porté sur le diagnostic médical et la

Domaines d'application	
Médecine	Diagnostic et traitement du cancer, des maladies pulmonaires, du diabète, des maladies cardio-vasculaires, des maladies de la peau, de la dyspepsie, des maladies rénales, des maladies prénatales, de l'arthrite, des rhumatismes, en hématologie.
Diagnostic technique	Circuits électroniques, logiques analogiques, systèmes informatiques, instruments de mesure, locomotives, automobiles, appareils ménagers, centrales nucléaires.
CAO	Circuits électroniques, circuits intégrés, systèmes mécaniques.
EAO	Electronique, langues vivantes, mathématiques, géographie, médecine.
Compréhension du langage naturel	Traduction automatique, accès à des bases de données, interprétation de textes, recherche documentaire, traitement de petites annonces.
Génie logiciel	Conception, spécification, mise au point, test, documentation et maintenance de logiciels, programmation automatique.
Biologie	Détermination de structure de protéines, biologie moléculaire.
Chimie	Chimie moléculaire, chimie organique, synthèse.
Physique	Recherche de lois naturelles à partir de données.
Mathématiques	Intégration formelle, théorie des nombres, calcul formel, preuve de théorèmes.
Bureautique	Gestion de documents, courrier électronique.
Robotique	Pilotage et apprentissage de robots.
Aide au commandement	Planification et simulation d'attaques, guerre électronique.
Contrôle	Surveillance de centrales nucléaires, pilotage de systèmes d'armements, gestion de production.
Traitement d'images	Analyse de scènes, interprétation de photographies, tomographie.

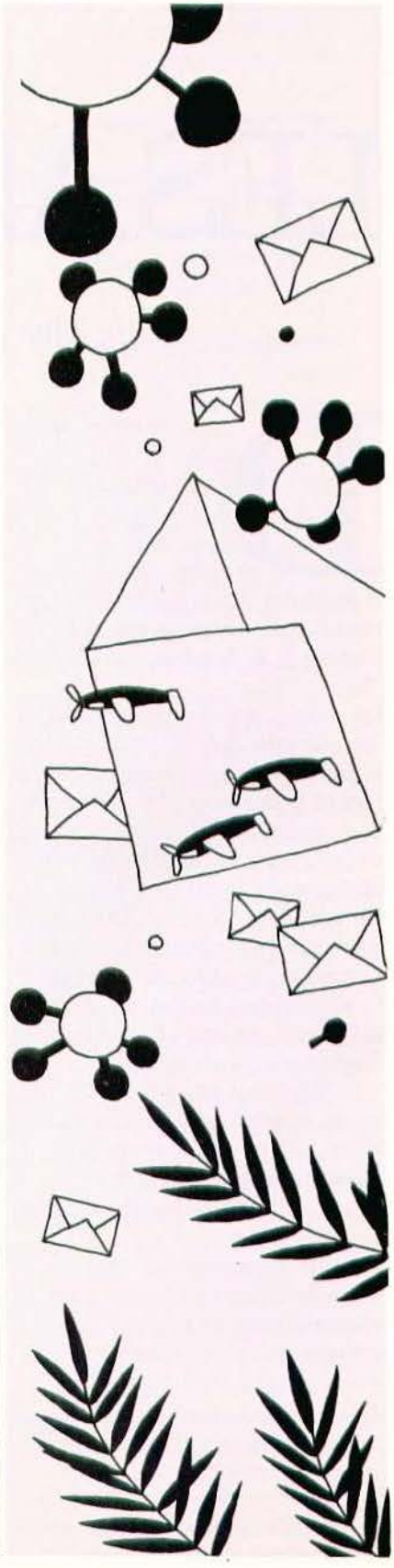
AGRICULTURE		
AQ11	University of Illinois	Diagnostic de maladies de plantes
INDUCE	University of Illinois	Diagnostic des maladies
PLANT		du soja
PLANT-DS	University of Illinois	Diagnostic des maladies du soja

AIDE AU COMMANDEMENT		
BATTLE	US Navy Center For Applied Research in AI, Naval Research Lab.	Aide au commandement, affectation d'armements, artillerie
CAT		Evaluation de la menace à bord d'un avion
STAMMER 2	Naval Ocean Systems Center	Evaluation des situations tactiques
TECH	Rand Corp. et Naval Ocean Systems Center	Analyse de la menace pour une flotte

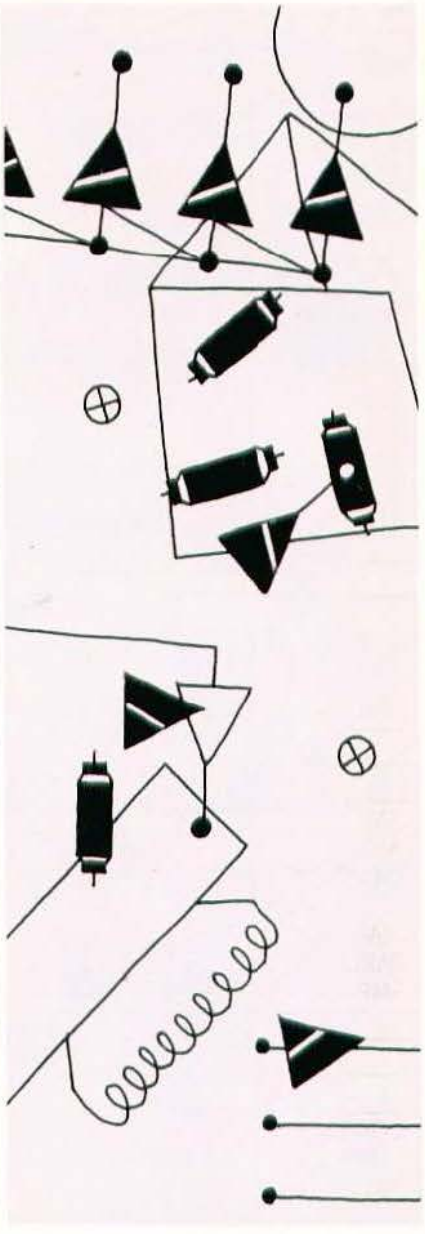
BUREAUTIQUE		
EPISTLE	IBM	Bureautique, analyse du courrier
OMEGA		Bureautique

CALCUL LITTERAL		
AM	Carnegie Mellon University	Théorie des nombres
ANA		Intégration formelle
CAMELIA	Université du Maine	Calcul formel et preuve de théorèmes
MACSYMA	MIT et Symbolics	Calcul formel
PARI	Université de Paris VI	Arithmétique
SMP	Interférence Corp.	Manipulation littérale de formules mathématiques

CHIMIE		
CONGEN	Stanford University	Chimie
CONPHYDE	Carnegie Mellon University	Génie chimique
CRYSALIS	Stanford University	Dérive de SU/X inférer la structure des protéines à partir de cartes de densité d'électrons en 3 dimensions
DENDRAL	Stanford University	Chimie organique : détermination de la formule développée et des constituants atomiques d'un corps organique à partir de sa formule brute et de son spectrogramme de masse
DIAHIM	URSS	Synthèse chimique
GAI	Stanford University	Biologie moléculaire
HEATEX	Carnegie Mellon University	Génie chimique optimisation des échanges thermiques
LHASA	Harvard University	Synthèse chimique
PASKOP	Université de Strasbourg	Chimie organique
PEAS	University of Edinburgh	Synthèse en chimie
SECS	University of California	Synthèse organique
SYNCHEM	State University of New York	Chimie



CAO		
CARTER	ENSET	CAO en mécanique
COPART	ENSET	CAO en mécanique
DAA	Carnegie Mellon University	Conception assistée par ordinateur de circuits intégrés à très grande échelle
EL	MIT	Analyse de circuits électroniques
EURISKO	Stanford University	Recherche de concepts mathématiques, configuration de flotte, recherche de structure tridimensionnelle de circuits
KBVLSI	Stanford University et Xerox	CAO de circuits intégrés
MAPLE	University of Reading	Conception de matériel informatique bâti à l'aide de microprocesseurs
MECHO	Edinburgh University	Mécanique
NASL		CAO de circuits électroniques
PALLADIO	Xerox Corp, Fairchild Stanford University	CAO de circuits intégrés à très grande échelle
PEACE	CERT	Conception de circuits électroniques
PLEX	Bell Laboratories	Conception de microprocesseurs intégrés
QO	Arizona State University	CAO de circuits logiques recherche de stratégie optimale
REDESIGN	Rutgers University	Conception de circuits intégrés numériques
RITA	Rand Corp	Aide à la décision, analyse de messages
SACON	Stanford University	Ingénieur conseil en mécanique, conception de structure
SADD	University of Maryland	CAO en circuits logiques
SERDI	ENSET	Saisie automatique de dessins industriels et vérifications
SYN	MIT	Synthèse de circuits analogiques
TALIB	Carnegie Mellon University	Implantation de circuits intégrés
TROPIC	IMAG	CAO
VERIFY	Fairchild Laboratory of Artificial Intelligence	Programme écrit en Prolog pour la preuve de la correction d'un circuit numérique.



synthèse chimique. Aujourd'hui, les domaines d'applications des systèmes experts se sont diversifiés et intéressent, en particulier, la bureautique, la CA0, l'EAO, le génie logiciel ou le traitement de signal.

Les domaines d'applications les plus immédiats des systèmes experts se caractérisent par le fait que les problèmes à résoudre nécessitent la manipulation d'informations symboliques plutôt que d'informations numériques, ou bien sont de nature combinatoire, ou encore ne relèvent pas de sciences exactes.

Niveau de maturité industrielle

La consultation des exemples d'applications des systèmes experts, ainsi que de leurs utilisateurs, peut laisser croire que ces systèmes experts ont déjà atteints de nombreuses professions. En pratique, le nombre d'utilisateurs ou de demandeurs de systèmes experts est plus restreint. Cette limite tient en particulier au fait que les critères habituels sont appliqués à la conception ou à l'acquisition d'un logiciel expert.

Ainsi, les principales étapes de la vie d'un logiciel sont les suivantes :

— Spécification
— Mise en œuvre
— Évaluation des performances
— Expérimentation en grandeur réelle
— Contrôle et maintenance
— Diffusion

En général, la plupart des systèmes experts ne dépassent guère le stade de l'évaluation des performances, et restent confinés dans des laboratoires et des centres de recherche. Cet état de fait implique donc que

CONFIGURATEURS		
ALICIA	AMD	Gestion de configurations de vol (implantation de charges)
DRAGON	ICL	Configurateur de systèmes informatiques
CONAID	Nixdorf	Configuration de systèmes
ORDER EDIT	Sperry Corp	Configurateur de systèmes de communication par ordinateurs
QUESTWARE	Dynaquest	Aide au choix de microordinateurs et de logiciels pour l'aide à la décision
R1	Carnegie Mellon University et DEC	Configuration de systèmes
SPEC	Bull	Configuration de systèmes informatiques
XCON	Carnegie Mellon University et DEC	Configurateur de systèmes informatiques
XSEL	Carnegie Mellon University	Aide à la décision d'un système informatique

DROIT LEGISLATION		
AUTOMATED WILL	Cognitive Systems, INC	Aide à la rédaction de testaments
ELI	Open university Milton Keynes	Législation
ESTATE PLANNER	Cognitive Systems Inc.	Immobilier
LDS	Rand Corp	Droit Assurances

EAO		
EIAO	LRI Orsay	Enseignement Assisté par Ordinateur
EXCHECK	Stanford University	EAO en mathématiques
GUIDON	Stanford University	EAO en diagnostic médical

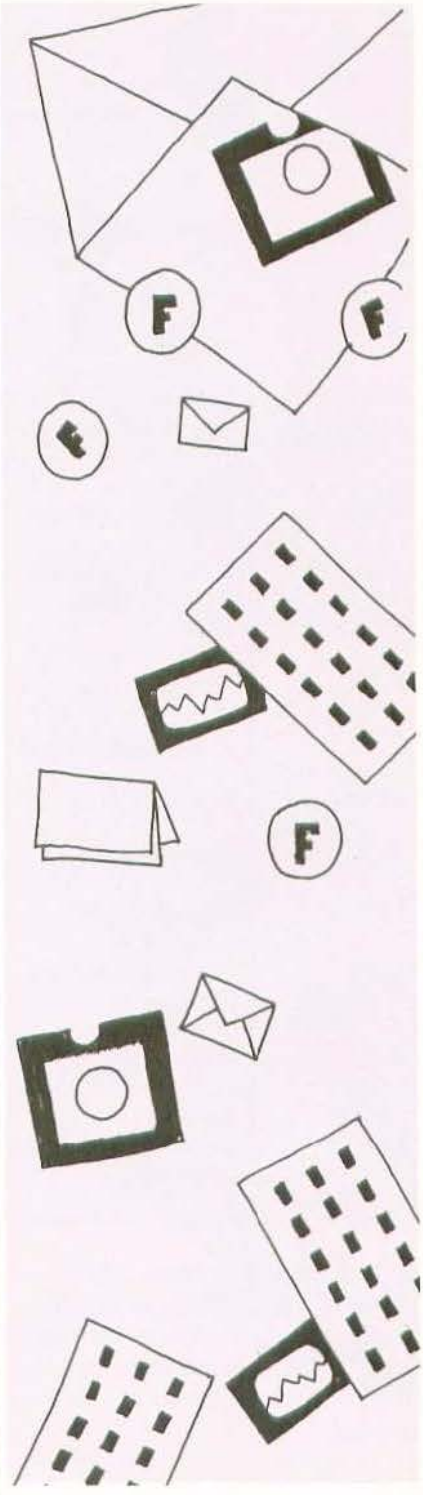
ECONOMIE		
BROKER	Cognitive Systems, INC	Entrée en langue naturelle, pour l'analyse de données de marche
COMEX		Economie
FOLIO	Draxel, Burham, Lambert	Gestion de portefeuilles
OIL		Econométrie
REVEAL	Decision Product Inc.	Modélisation économique, analyse géographique, évaluation de personnel

FISCALITE		
AUTOMATED TAX ADVISOR	Cognitive Systems, INC	Aide aux comptables, et à la rédaction de documents fiscaux
TAXDIVISOR	University of Nebraska	Fiscalité
TAXMAN	Rutgers University	Fiscalité

seules les méthodes ont été validées, mais pas encore les produits logiciels. C'est ainsi que les expérimentations en vraie grandeur restent relativement rares, mise à part Prospector dont l'utilisation a permis la découverte d'un gisement.

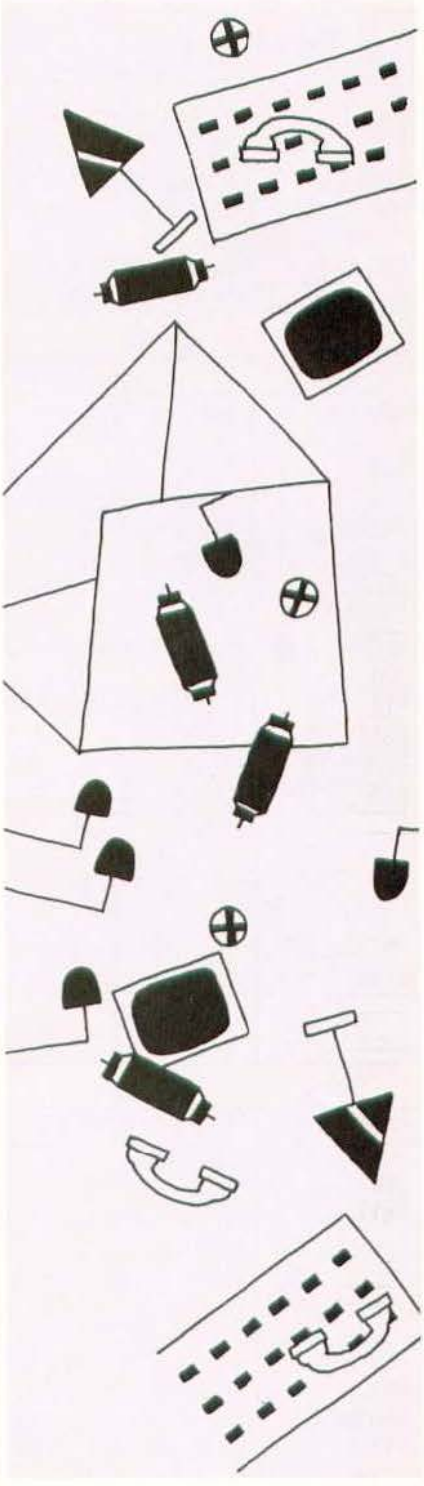
Limites actuelles des systèmes experts

Le manque relatif de maturité des systèmes experts actuels peut avoir de multiples causes.



Tout d'abord, certaines applications de systèmes experts ont été en particulier développées dans des domaines où l'expertise repose sur l'étude et la description de nombreux cas, comme en diagnostic médical.

DIAGNOSTIC TECHNIQUE		
ACE	Automated Cable Expertise Bell Laboratories	Maintenance de câbles de télécommunications
ARBY	Yale University et ITT	Aide à la construction de systèmes experts en diagnostic de systèmes électroniques
CATS 1	Computer Alded Trouble Shooting General Electric	Dépannage de locomotives électriques
CECILIA	AMD	Analyse, diagnostic de circuits électriques
CRIB	ICL et Brunel University	Diagnostic de pannes d'ordinateurs
CRITTER	Rutgers University	Test de la correction et de la robustesse d'un système propagation des contraintes des entrées vers les sorties
DART	Diagnostic Assistance Reference Tool Stanford University et IBM	Localisation de défauts dont l'origine n'est pas connue
DELTA	General Electric	Dépannage de locomotives électriques ou diesel
FAULT FINDER	Nixdorf	Dépannage de systèmes électroniques
IDT	Digital Equipement Corp	Diagnostic et localisation de défauts
IN-ATE	US Navy Research Lab.	Dépannage de circuits électroniques
LES	Lockheed Palo Alto Research Lab.	Diagnostic de composants électroniques
MICRO EXPERT	ISIS Systems Ltd	Diagnostic technique Guerre sous marine
MOVER	Carnegie Mellon University	Diagnostic et dépannage d'un système de transport public dans un aéroport
NDS	Shell	Diagnostic de pannes de réseaux de télécommunications
PDS	Carnegie Mellon University Westinghouse	Diagnostic en temps de machines
PERITUS	SRI International	Diagnostic de pannes de moteurs de voitures
RAFFLES	ICL	Diagnostic des pannes d'ordinateurs
REACTOR	EG et G Idaho	Diagnostic de pannes de réacteurs nucléaires
RECONSIDER	University of California	Aide à la construction de systèmes experts pour le diagnostic de systèmes électroniques
SAI	Hewlett Packard	Diagnostic de pannes d'instruments scientifiques
SOPHIE	Bolt Beranek et Newman	Aide à l'enseignement du dépannage de circuits électroniques
SPEAR	DEC	Analyse des erreurs d'un ordinateur en exploitation

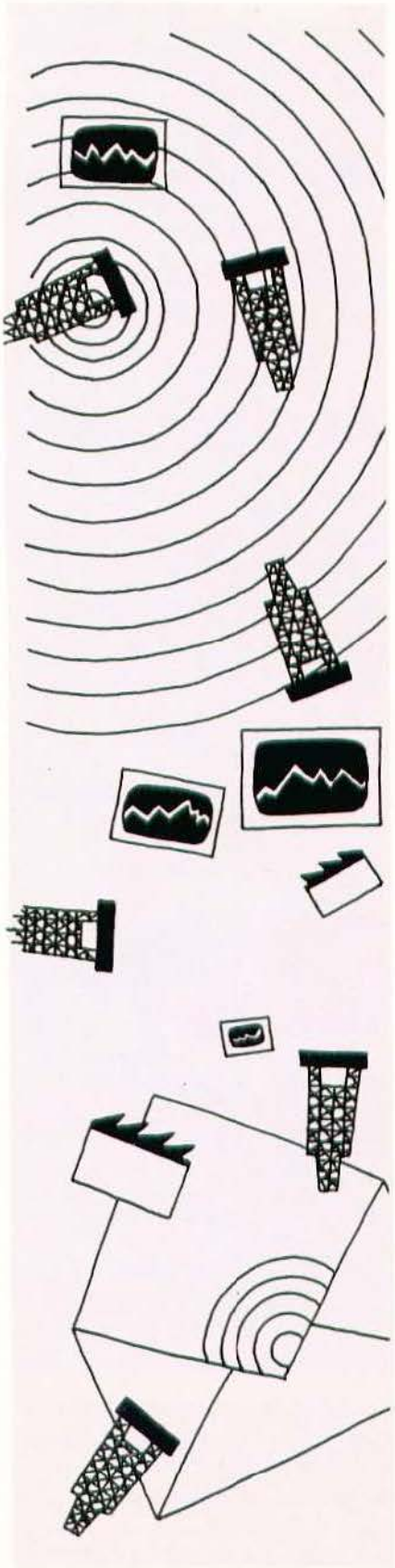


D'autre part, les systèmes experts ne constituent le plus souvent qu'un sous-ensemble du système réel, capable d'élaborer une décision. En effet, la compétence d'un expert se traduit par :
— la capacité à résoudre un problème posé
— la nécessité d'expliquer la démarche menant à la solution proposée
— la capacité d'apprendre de nouvelles règles
— la capacité à restructurer les connaissances acquises
— la définition des limites mêmes de cette compétence.
Or, dans les systèmes experts actuels, seule la capacité à résoudre un problème posé est réellement assurée et convenablement

FAO GPAO		
CALLISTO	Carnegie Mellon University DEC	Gestion de projets
GARI	IMAG	Conception de gammes d'usinage
IMS	Carnegie Mellon University	Gestion de production
INET	Carnegie Mellon University	Gestion d'entreprises
ISIS 2	Carnegie Mellon University	Gestion d'ateliers
OP Planner	Rand Corp.	Planification
PTRANS	Carnegie Mellon University et DEC	Aide à la gestion de production

GENIE LOGICIEL		
ADA TUTOR	Computer Thought	Formation à la programmation en ADA
APE		Programmation automatique
CHI	Kestrel Institute	Programmation automatique
DEDALUS	SRI International	Programmation automatique
ESAP	Vaquero	Programmation automatique
FALOSY	University of Minnesota	Localisation de défauts de logiciel
LIBRA	Stanford University	Programmation automatique
PECOS	Schlumberger Doll Research Center	Programmation automatique
PHOENIX	Schlumberger Doll Research Center	Programmation automatique
PROGRAMMER APPRENTICE	MIT	Programmation automatique
PROUST	Yale University	Recherche d'erreurs non syntaxiques dans des programmes écrits en Pascal
PSI	Kestrel Institute	Programmation d'applications spécifiées à l'aide d'un dialogue en langage naturel
SAFE	University of Southern California ISI	Programmation automatique
SPORA		Synthèse de programmes

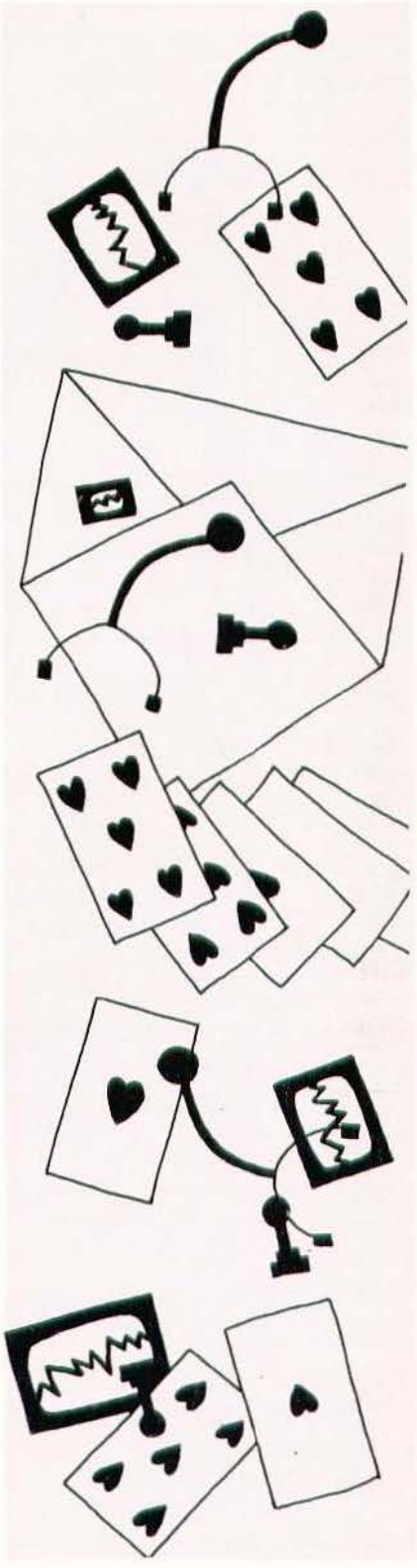
GEOLOGIE INDUSTRIE PETROLIERE		
DIPMETER ADVISOR	Schlumberger et MIT	Analyse de signaux de relevés physiques du sous sol
DRILLING ADVISOR	Teknolewdge et Société Nationale ELF Aquitaine	Diagnostic de causes de blocages dans les forages
ELAS	Amoco Corp	Analyse de suivi de forages
EXPLORER	Cognitive Systems Inc.	Entrée en langue naturelle pour aides à la décision dans l'industrie pétrolière
FAULT FINDER	University of Edinburgh	Diagnostic des pannes de tours de forage
HYDRO	SRI International	Evaluation des ressources en eau
LITHO	Schlumberger	Recherche pétrolière
PROSPECTOR	SRI International	Evaluation de dépôts minéralogiques
SIMMIAS	ELF Aquitaine	Etude de migration d'hydrocarbures de roches mères à réservoir
WAVES	Teknowledge Inc.	Analyse de données sismiques, prospection pétrolière



IMAGES		
ACRONYM	Stanford University	Compréhension d'images
FLASH	University of South Carolina	Compréhension d'images
SPAM	Carnégie Mellon University	Interprétation de photos
VISIONS	University of Massachusetts	Compréhension d'images

JEUX		
AB	Université de Caen	Annonces au bridge
ALI		Jeu d'échecs
CARDS		Jeu de bridge
KENK	Delft University of Technology	Jeu d'échecs

MEDECINE		
A3	Antibody Analysis Advisor Université de Linkoping	Expert médical
ABEL	MIT	Aide au diagnostic, analyses statistiques de maladies fonctionnement du ventricule gauche
AI COAG		Troubles hémostatiques
ARTIFICIAL DOCTOR		Psychothérapie
ATTENDING WRITER	Yale University	Aide à l'anesthésie
CAA	University of Toronto	Analyse électrocardiographique
CADUCEUS	University of Pittsburgh	Diagnostic médical
CASNET	Rutgers University	Diagnostic, thérapeutique et suivi thérapeutique du glaucome
CENTAUR	Stanford University	Interprétation d'analyses de maladies pulmonaires
CLOT	Stanford University	Hématologie
DIALOG		Diagnostic médical
DIGITALIS THERAPY ADVISOR	MIT	Traitement de la digitaline
ESDAT	Universitat Wien	Soins médicaux
EXPERT	Rutgers University	Diagnostic médical
GALEN	University of Minnesota	Diagnostic de maladies cardiaques congénitales chez l'enfant
GLAUCOMA	Rutgers University	Traitement du glaucome
HEADMED	Stanford University	Psychopharmacologie
HODGKINS	MIT	Diagnostic de la maladie de Hodgkings
INTERNIST	University of Pittsburgh	Aide au diagnostic médical
IRIS	Rutgers University	Médecine
KMS	University of Maryland	Aide à la construction de systèmes experts en diagnostic médical
MANAGER	Université de Toulouse	Gestion hospitalière
MDM	Beljing Institut of Automation	Diagnostic médical
MDX	Ohio State University	Diagnostic sur les maladies liées au cholestérol
MECS AI	University of Tokyo	Maladies cardiovasculaires
MEDI	Universtat Kaiserslautern	Diagnostic médical



traitée, les autres aspects ne sont qu'esquissés, et nécessitent donc encore de nombreuses recherches pour compléter les systèmes actuels, et les amener à un niveau de maturité suffisant pour envisager des applications industrielles sûres sur une grande échelle.

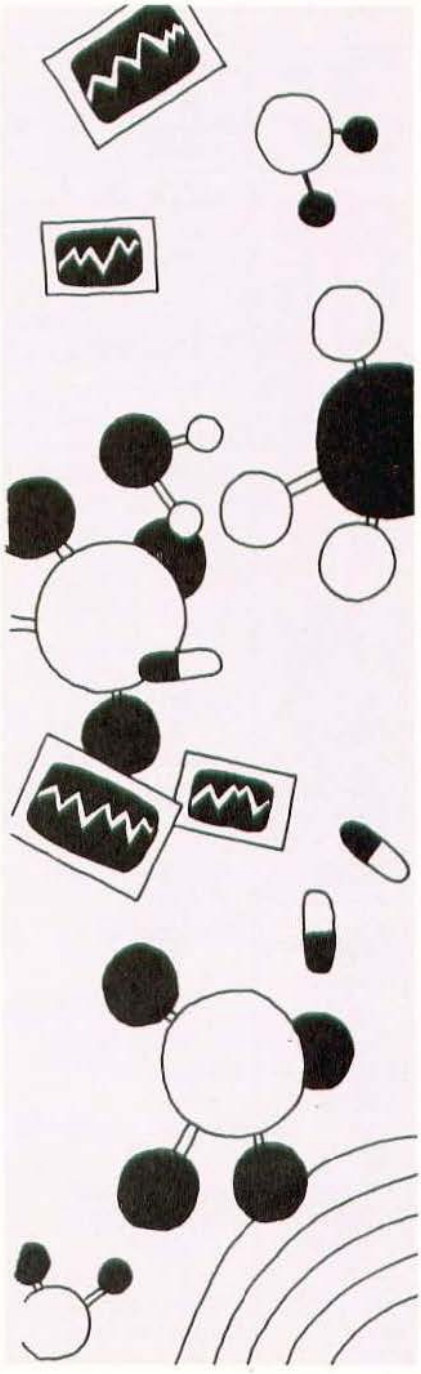
Les systèmes experts actuels sont donc loin de remplacer l'expertise humaine, et

GENETIQUE		
GENESIS	Intelli Corp	Génétique moléculaire
MOLGEN	Stanford University	Clonage de gènes, analyse et synthèse de chaînes DNA
SPEX	Stanford University	Planification d'expériences de génétique moléculaire

MEDECINE		
MEDAS	University of Southern California Institute of Critical Care Medicine	Aide à la décision dans un service d'urgence
MEDICOMP	Medicomp of Virginia Inc.	Diagnostic médical
MEDIUM	Faculté de médecine d'Aix Marseille	Médecine
MYCIN	Stanford University	Diagnostic des maladies
EMYCIN		infectieuses du sang
ONCAYSIN		Médecine
ONCOCIN	Stanford University	Traitement du cancer par chimiothérapie
PI	MIT	Diagnostic médical
PROTIS	Faculté de médecine de Marseille	Prescription thérapeutique du diabète
PSYCO	Fox et Rector	Diagnostic de maladies de l'appareil digestif
PUFF	Stanford University Pacific Medical Center	Diagnostic des maladies pulmonaires
RADEX	Rutgers University	Radiologie
RX	Stanford University	Analyse statistique de maladies chroniques
SAM	Pitié-Salpétrière	Traitement du cancer du larynx
SPHINX	Faculté de médecine de Marseille	Diagnostic médical
STROKE	Michael Reese Hospital	Traitement d'attaque
VM	Stanford University	Aide aux signants en réanimation
XPLAIN	MIT	Complément de DIGITALIS ADVISOR

PAROLE		
HEARSAY		Reconnaissance de la parole continue
HARPY		
SERAC	CNET	Reconnaissance de la parole

PHYSIQUE		
BACON 3	Carnegie Mellon University	Recherche des lois naturelles à partir de données physiques
GAMMA	Yale University	Interprétation de spectres d'activation par rayons gamma



l'homme reste tout à fait indispensable pour alimenter la base de connaissances de ces systèmes.

De plus, le domaine de compétence des systèmes experts reste tout à fait limité, essentiellement à cause de la quasi absence de moyens performants susceptibles d'assurer la maintenance de base de données très volumineuse. Par exemple, le système expert CADUCEUS, qui traite d'environ 500 diagnostics, a nécessité l'équivalent de 10 ans de travail d'un interne.

Une autre raison explique, en partie, la relative limite des systèmes experts et tient au fait que les langages actuels restent encore assez peu performants quand il s'agit de représenter des connaissances et les relations entre les éléments de cette connaissance.

C'est ainsi que pour représenter cette connaissance, indispensable à tout expert, le schéma Objet - Attribut - Valeurs - Actions est-il le plus souvent utilisé. Ce système introduit inévitablement des contraintes, notamment lorsqu'il s'agit de décrire les relations entre les objets.

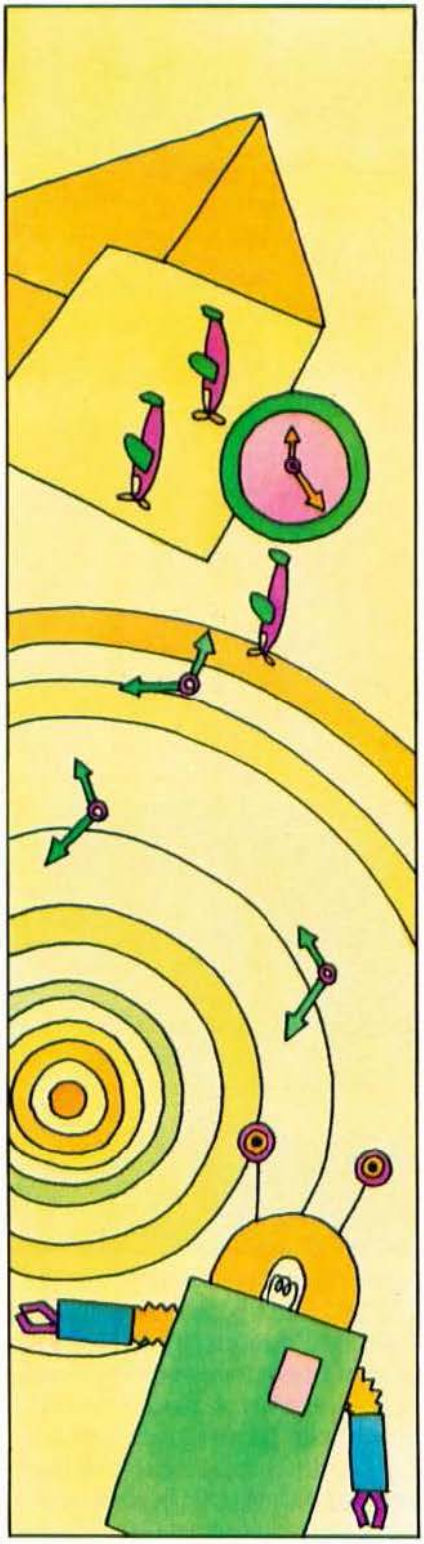
En outre, les interfaces utilisateurs-systèmes experts restent le plus souvent assez rudimentaires, se limitant à la reconnaissance de mots clés pour les messages d'en-

PLANIFICATION		
ACE	University of Connecticut	Conseil en orientation universitaire
AIRPLAN	Carnegie Mellon University	Planification des lancements et des récupérations d'avions sur une base aérienne ou un porte avion
EXPERT	Export Software	Aide à la décision sur ordinateur
BASE	International	IBM PC
IPMS	DEC	Gestion de projets
ISA	DEC	Planification
KNOBS	Mitre Corp	Planification de missions aériennes
NUDGE	MIT	Elaboration d'emplois du temps
ODISSEY	Xerox	Planification de voyages
TABS	GMD	Emplois du temps, horaires
TATR	Rand Corp.	Planification d'attaques aériennes

ROBOTIQUE		
ABSTRIPS	SRI International	Robotique
ARGOS 2	UPS	Simulation de la prise d'un robot
NOAH	SRI International	Robotique Assemblage
SYRIO	Université de Gênes	Vision en robotique en deux dimensions

SIGNAL		
HASP/SIAP	Stanford University et Systems Control Technology, Inc.	Interprétation de signaux de sonar
SU/X	Stanford University	Identification et localisation dans l'espace d'objets émetteur de signaux

SIMULATION		
BUGGY	Bolt Beranek Newman	Entrainement à la conduite de centrales à vapeur
CATTS	Combined Arms Tactical Training System	Simulation de situations de bataille
CSA	Georgia Tech	Conduite de centrales nucléaires
NLPQ		Simulation de systèmes à file d'attente
MSIS		Guerre électronique
PONTIUS		Simulation d'un homme apprennant à piloter
SCHOLAR	Bolt Beranek et Newman	Entraînement à la conduite d'équipes sportives
STEAMER	Bolt Beranek et Newman	Entraînement à la conduite de centrales à vapeur
SWIRL	Rand Corp.	Simulation de batailles aériennes
WEST	Bolt Beranek et Newman	Entraînement à la conduite d'équipes sportives
WUMPUS	MIT	Entraînement à la conduite d'équipes sportives
WHY	Bolt Beranek et Newman	Formation à la prévision des chutes de pluie

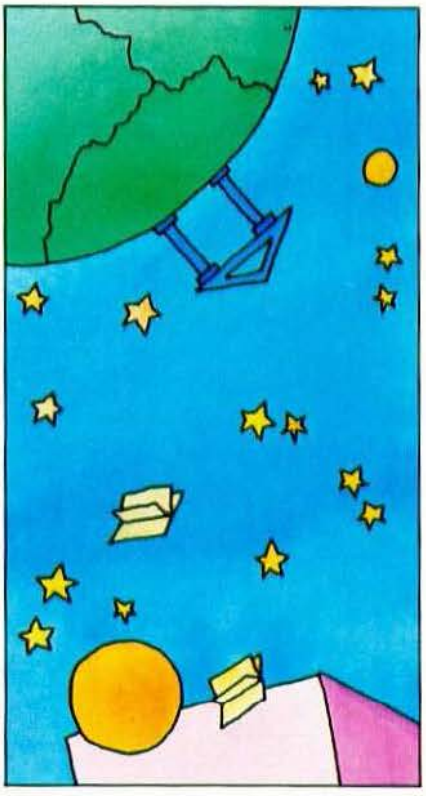


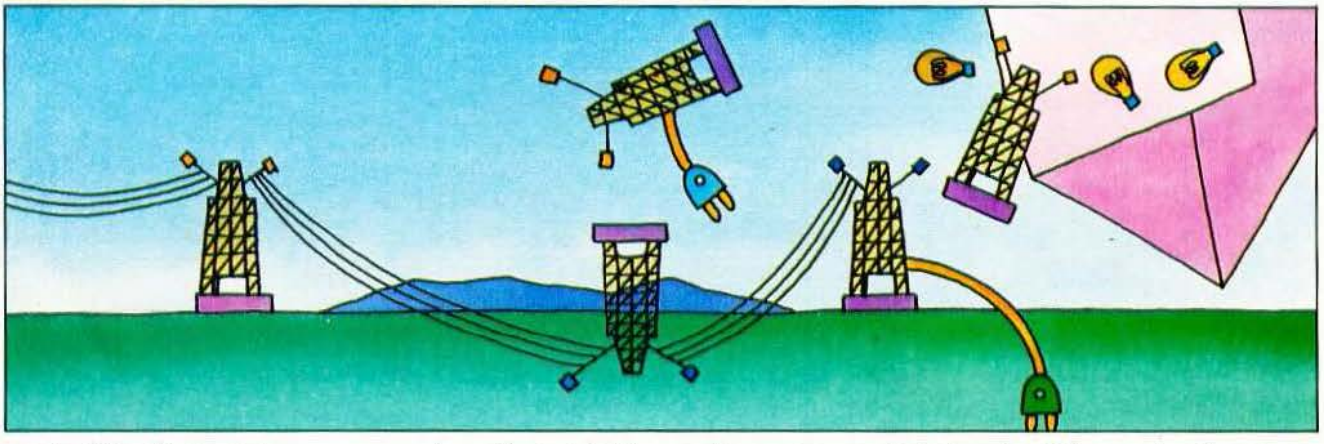
trée et à l'élaboration de textes modelés par les messages de sortie. Cette limite est en fait une conséquence directe de la non résolution des problèmes liés à la reconnaissance réelle de langue naturelle.

Certaines bases de connaissances demandent à être manipulées par plusieurs systèmes experts. Or, dans ce cas, se pose le problème de la cohérence, tant au niveau de la représentation que de la manipulation de la connaissance. En fait, il serait vivement souhaitable que, dans de tels cas, un seul expert supervise la base de connaissances, évitant ainsi l'introduction dans celle-ci d'incompatibilités génératri-

STATISTIQUES		
COED	General Electric	Statistiques
REX	Bell Lab.	Analyse de régression linéaire
STAT POWER	General Electric	Statistiques, détermination de la taille d'échantillons

DIVERS		
ARCHES	LISH Marseille	Archéologie
CESSOL	Université de Savoie	Génie civil : définition de campagnes de reconnaissance géotechnique de sols
DEVISER	Jet Propulsion Lab.	Astronomie
DIALECT	LRI	Traitement documentaire
INTELLIGENT AGENT	Stanford University	Système multi expert pour l'accès à un ensemble d'ordinateurs hétérogènes
GEO	Université de Toulouse Le Mirail	Représentation de connaissances spatiales
HAVANE	IRISA	Traitement de petites annonces
KNOESPHERE	Atari	Connaissances encyclopédiques
RESEDA	LISH	Interprétation de texte
RUBRIC	AI et DS	Consultation de bases de données
SPERIL	Purdue University	Evaluation des dommages causés par un tremblement de terre à des structures
XSITE	DEC	Aide au choix de l'emplacement d'un système informatique





ces de disfonctionnement.

Perspectives d'évolution

Au moment où le problème de la validation de la qualité des logiciels n'est pas encore maîtrisé, du moins au stade industriel, celle de la validation des connaissances des systèmes experts est bien loin aujourd'hui de l'être, et constitue un réel sujet d'étude. Cependant, malgré les problèmes de nature variée rencontrés dans la mise en œuvre et l'application des systèmes experts, la technique de l'expertise semble tout à fait prometteuse, et pourrait conduire, à court terme, par une évolution de la qualité et des outils de construction, à une exploitation beaucoup plus répandue.

Utilisation de systèmes experts à EDF

Il s'agit de montrer l'efficacité de l'approche «système expert» dans la conduite d'un processus complexe comme l'est celle d'une centrale nucléaire de type PWR.
La réalisation d'un système expert sur un tel domaine doit permettre la prise en compte de la complexité du procédé et la mise à plat de connaissances a priori séquentielle.
La première version de ce système expert destinée à la conduite d'une centrale PWR a été écrite en Alouette. Les connaissances relatives à la centrale y sont représentées par 64 circuits, et 13 paramètres. Les connaissances sont liées par 125 règles et 300 faits initiaux. A chaque objet est associé un certain nombre d'attributs, correspondant à des relations entre ces objets. La conduite du processus est représentée

par 3 familles de règles :
— règles d'évolution. Exemple :
Si Nature (x) = Paramètre
Objectif (x) > Valeur (x)
Alors Evolution (x) = Positive
— règles lois. Exemple :
Si Evolution (Niveau Pressuriseur) = Négative
Alors Etat (Chaufferettes) < — En service
Etat (Aspersion) < — Fermé
— règles consignes. Exemple :
Si Valeur (T primaire) < = 120
Alors Etat (RRA) < — En service
Objectif (P primaire) < — 25

A chaque instant, pour un état donné de la centrale et un objectif défini, le système déduit les manœuvres de matériels à effectuer. A la demande, le système expert est capable d'expliquer les raisons de son choix. Cette caractéristique est mise à profit, puisque l'utilisation de ce système est prévu pour constituer des cours d'EAO. Les raisonnements peuvent être complexes et mettre en jeu l'application de plus de 40 règles.

Le système n'est pas directement couplé à la centrale, mais à un simulateur du fonctionnement de celle-ci. Ainsi, le système expert est intégré au processus de pilotage de la façon suivante :

Ce couplage a permis de valider l'approche «système expert» pour le fonctionnement normal des processus de conduite, le système effectuant une conduite conforme à celle préconisée par les experts dans le domaine, cet état de chose étant quasi normal, puisque ce sont les experts «humains» qui ont constitué la base de connaissances relative à la conduite d'une centrale. Un développement similaire est en cours pour la conduite des cas accidentels.

Composants	Mode de défaillance	Causes possibles d'une défaillance	Effets sur le système
Source	Perte	Perte réseau Rupture câble alimentation	Défaillance alimentation calculateur
Disjoncteur	Perte	Défaillance primaire Incendie local	Défaillance alimentation calculateur
Transfo 1	Défaillance primaire		Défaillance alimentation calculateur
Transfo 2	Défaillance primaire		Défaillance alimentation calculateur

Tableau 1.

Fonctions	Mode de défaillance	Causes possibles d'une défaillance	Effets sur le système
Alimentation	Défaillance	Défaillance primaire Perte source Perte disjoncteur	
Alimentation Calculateur 1	Défaillance	Défaillance primaire Perte source Perte disjoncteur	Si défaillance Alim Calcul 2 Alors défaillance Alim 2 calcul

Tableau 2.

Si Perte (réseau) Alors Perte (source)
Si Rupture (câble alimentation) Alors Perte (source)
Si Perte (source) Alors Défaillance alimentation calculateur 1
et Défaillance alimentation calculateur 2

Représentation des connaissances

L'analyse FCP étudie chaque fonction, chaque composant et chaque paramètre du système. Un exemple d'analyse FCP est donné dans le tableau 1.

De cette analyse, peuvent être tirées les règles de production du tableau 2.

La faisabilité de l'analyse FCP semble dès à présent acquise et correspond à une base de connaissances qui peut être utilisée soit :
— pour la simulation de pannes
— pour la construction automatique d'un arbre de défaillance
— pour l'aide au diagnostic
— pour l'EAO
— pour la maintenance.

Avenir

Les développements actuels de systèmes tels que Alouette, Snark, etc. laissent à penser que les limites des systèmes experts, aujourd'hui opérationnels, tiennent plus à des difficultés dans la représentation des connaissances, qu'à des problèmes de nature informatique.

Dans cet esprit, il semble que les langages tels que Prolog soient le prototype de langage susceptible de constituer un outil logiciel puissant pour la construction de systèmes experts. ■

D. Chaniat

PRECIS DE L'INCERTAIN

Que peut-on attendre d'une prise en compte de l'incertain en intelligence artificielle ? Et, surtout, comment l'y instiller ?

Le loto est un jeu aléatoire, pas le P.M.U.. Au loto, les chances de gain peuvent se calculer précisément grâce à la théorie des probabilités : la façon dont sont tirés les numéros gagnants entre dans ce qu'on appelle l'axiomatique des probabilités, c'est-à-dire le cadre de propriétés mathématiques dans lequel la théorie est valable. Pour le P.M.U. beaucoup de facteurs entrent en compte, qu'on ne peut décrire en termes probabilistes :
— la forme physique des chevaux,
— leurs préférences pour telle ou telle nature de terrain, etc. Il y a dans la prédiction de la victoire d'une cheval beaucoup de considérations incertaines mais pourtant pas aléatoires (en simplifiant, cela signifie que l'on ne peut ramener ce problème à une suite plus ou moins complexe d'expériences du type : lancé de dés). Cet exemple ne semble pas avoir grand rapport avec les systèmes experts (S.E.) ; pourtant il illustre bien le problème posé par le traitement de l'incertain. En effet, le cerveau humain peut manipuler des notions très diverses d'incertain sans que nous ayons une idée très formelle et précise des mécanismes mis en jeu. Nous voudrions que nos S.E. en soient eux aussi capables. Cet exemple montre que la seule utilisation de la théorie des probabilités n'y suffira pas. Mais avant d'entrer dans les détails des différents modes de traitement de l'incertain dans les S.E., regardons précisément pourquoi on a besoin de tels traitements.

Pourquoi traiter l'incertain ?

Le S.E. est, la plupart du temps, un programme informatique qui analyse (1) un domaine réel, c'est-à-dire que «l'entrée» du programme est une somme d'informations tirées de capteurs physiques ou d'observateurs humains. Or, le plus souvent, ces capteurs physiquees ont une précision limitée, la valeur donnée est en fait liée à une intervalle de confiance. (Exemples : une mesure de température, l'épaisseur d'une couche géologique). Certains capteurs peuvent aussi fournir des informations pouvant contenir des erreurs qualitatives : une donnée peut être précise mais complètement erronée. Un système radar, par exemple, peut interpréter un simple bruit comme un objet réel.
Mais les résultats d'observations humaines posent d'autres problèmes : très souvent ces observations sont subjectives», c'est-à-dire soumises à une interprétation humaine, au filtre d'un cerveau. Beaucoup de facteurs d'ordre psychologique peuvent alors intervenir ; les mots mêmes utilisés par l'observateur sont dans certains cas imprécis ou flous (on est «plutôt dans tel ou tel cas, la «plupart des mesures montrent que»).
Pour toutes ces raisons, des données en entrée du S.E. vont être incertaines et floues : c'est la première source de l'incertain.
Mais certaines données peuvent aussi être absentes (observations impossibles, appareil de mesure en panne, etc.). La seconde source d'incertain est donc provoquée par le désir de faire travailler le système mal-

gré ce manque d'informations ou avec des informations moins riches, dégradées. Dès lors que le S.E. doit analyser un processus physique (risques d'avalanches, diagnostic médical, etc.) cet aspect est très important. Il existe enfin une troisième source d'incertain peut-être plus fondamentalement liée à la nature même des S.E. : comme leur nom l'indique, ceux-ci utilisent des connaissances expertes. Cela signifie que, dans le domaine d'application considéré, en plus des connaissances certaines et admises par tous, souvent de nature scientifique, le système utilise des connaissances propres à un (ou plusieurs) expert(s). Elles sont de nature empirique, c'est-à-dire dues à l'expérience. Souvent elles sont incertaines, leur cadre d'application est plus ou moins bien connu. L'expert leur fait plus ou moins confiance, notion personnelle dont on ne sait pas très bien comment la traduire en terme informatique. Pourtant elles sont essentielles pour les S.E. car ce sont elles qui constituent la véritable expertise. Cette rapide analyse nous montre quelles sont les trois principales sources d'incertain :

— observations incertaines,
— observations absentes,
— connaissances incertaines.

Elle nous montre aussi que le problème de l'incertain est intimement lié à l'objectif même des S.E. : modéliser et reproduire le raisonnement d'experts humains dans des domaines particuliers.

Cette remarque demeure pourtant valable dans un cadre plus général que celui des S.E. : pour créer un système dit intelligent on devra utiliser le raisonnement «de bon sens», le raisonnement par abstraction, la génération de suppositions, l'apprentissage automatique : autant de problèmes où intervient l'incertain.

Il faut aussi insister sur les formes multiples de l'incertain : ce que nous décrivons sous ce terme peut être varié, les traitements à envisager doivent tenir compte de cette variété. Dans chaque source d'incertain cohabitent différents types d'incertitudes ; il est important mais difficile de connaître exactement le type auquel on a affaire.

Il est clair qu'on ne doit pas interpréter de la même façon une mesure imprécise et une mesure précise mais à laquelle on ne fait pas totalement confiance. Une mesure du vent faite par un capteur automatique ou une *estimation* faite par un observateur humain sont des informations comparables pour un S.E.. Pourtant leur incertitude est de nature totalement différente et ne devra pas être traitée de la même façon.

Méthodes de traitement

Maintenant que nous sommes sûrs de ne pouvoir y échapper, il est temps de voir quelles possibilités nous avons pour traiter l'incertain.

La première, la plus simple, consiste tout simplement à ne pas s'en préoccuper, ce n'est pas si paradoxal que cela : on reste conscient de travailler sur un domaine incertain, on fait exécuter le système sans en tenir compte, et on analyse ensuite le résultat (il est alors très important que le système possède de bonnes possibilités d'explications du raisonnement). Si cette analyse est faite par un «humain» on perd toute possibilité d'automonie pour le S.E., mais on peut aussi utiliser cette première phase pour tracer le cadre du raisonnement, qui sera ensuite repris en incluant l'incertain. C'est la démarche utilisée dans certains systèmes ; elle nécessite bien sûr un traitement supplémentaire de l'incertain d'un des types décrits ci-dessous. On peut se demander si nous raisonnons ainsi, en «deux passages».

Mais la plupart des S.E. qui cherchent à traiter l'incertain utilisent directement ce que nous appellerons un traitement numérique. Il s'agit de coder, par un ou plusieurs coefficients numériques, la plausibilité d'un fait, d'une observation, d'une connaissance (règles). A partir de ce principe de base, existent différentes façons de combiner ces coefficients.

La première méthode utilisée était *à priori* naturelle : quand ont été construits les premiers systèmes experts, les informaticiens disposaient d'une théorie mathématique pour traiter de l'incertain : les probabilités. On a donc essayé de l'adapter aux S.E. Elle propose des méthodes précises pour combiner les coefficients correspondant ici à des probabilités.

De façon très simplifiée, disons qu'on fait le produit des probabilités des préconditions et de la probabilité de la règle pour obtenir celle du résultat. Soit la règle R1 :

Si (il fait froid) et (je dois sortir)
Alors (mettre un vêtement chaud)
Avec la probabilité 0.9.
Si on sait que (il fait froid) avec la probabilités 0.7
que (je dois sortir) avec 0.9
On obtient la probabilité
0.7*0.9*0.9 = 0.567 pour (mettre un vêtement chaud)

Pour la confirmation, on utilise la formule suivante :

Si R1 fournit p avec la probabilité pl
Si R2 fournit p avec p2
Alors la probabilité de p est
(pl + p2 — pl*p2)
Ainsi soit R2
Si (j'ai un rhume) et (je dois sortir)
Alors (mettre un vêtement chaud)
Avec la probabilité 0.8
Si (j'ai un rhume) a la probabilité 0.6 Alors R2 fournit (mettre un vêtement chaud) avec 0.432 Et la probabilité après confirmation de (mettre un vêtement chaud) devient
0.432 + 0.567 — 0.432*0.567 = 0.755

De tels mécanismes ont été appliqués (en plus compliqués) à beaucoup de domaines. Hélas, comme l'a montré l'exemple introductif, beaucoup des réalités que l'on décrit par le terme incertain ne sont pas de nature aléatoire, (c'est-à-dire respectant le cadre mathématique où les probabilités sont valables).

Nous ne voulons pas ici prendre position dans le débat cherchant à savoir si oui ou non tout dans la nature se ramène à des phénomènes aléatoires : ce n'est pas notre propos. Ce qui est sûr c'est que dans un S.E., les informations disponibles ne permettent pas de considérer les objets manipulés comme aléatoires. Particulièrement,

même si on connaît la probabilité de deux faits, il est très rare de connaître leur corrélation (leur LIEN au point de vue probabiliste). Dire que A et B sont deux faits corrélés c'est dire que la possibilité de A change lorsque change celle de B. Pour appliquer correctement la théorie il faut connaître ou mesurer cette «dépendance». Les formules données ci-dessus ne sont correctes que quand tous les faits sont complètement indépendants.

Il est clair que, bien souvent, (il fait froid) et (j'ai un rhume) sont dépendants, mais pas toujours. Comment connaître leur corrélation sans plus d'information sur la situation actuelle ? On a donc affaire, la plupart du temps, à des domaines où des probabilités ne peuvent s'appliquer correctement. Pour résoudre ce problème deux voies principales ont été explorées.

La première consiste à adapter de façon empirique la théorie des probabilités pour que le S.E. donne des résultats corrects dans son domaine : un des plus célèbres S.E., PROSPECTOR (système de prospection minière), a donné d'excellents résultats par une telle méthode : les formules probabilistes sont modifiées par les experts et les informaticiens. Il n'y a plus justification mathématique mais justification par les succès du système. L'inconvénient principal de telles tentatives est qu'elles ne permettent pas de dégager une méthode générale de traitement de l'incertain, étant toujours spécifiques d'un domaine d'application.

La seconde voie a été de créer une nouvelle théorie mathématique pour traiter l'incertain, le flou dans les S.E. : la théorie des possibilités qui est liée à la logique floue. Le but est à la fois de donner un sens mathématique à des termes flous comme «quelques», «souvent», «beaucoup», etc. et de s'affranchir des problèmes de dépendance des faites signalés plus haut. On peut dire, de façon simplifiée, que la possibilité d'un fait, c'est la confiance qu'on lui accorde indépendamment de son contexte et même de son contraire. Ainsi la somme des possibilités de A et de non A peut dépasser 1 (les possibilités sont codées entre 0 et 1). Ceci n'est pas possible en probabilités où cette somme est toujours égale à 1 (les possibilités sont codées entre 0 et 1). Il s'agit de manipuler une «mesure» de l'incertain, peut-être moins riche en information que sa probabilité mais correspondant mieux aux caractéristiques des faits qu'on manipule. Dans ce cadre les formules de combinaison sont modifiées, au lieu du produit, on prend le minimum des possibilités des préconditions :

La règle R1 avec les mêmes valeurs que précédemment (qui ne signifient plus la même chose), donne à (mettre un vêtement chaud) la possibilité :

minimum (0.9, 0.9, 0.7) = 0.7.

La confirmation s'obtient en prenant le maximum des possibilités fournies par les différentes règles.

Dans l'exemple ci-dessus :

R2 donne la possibilité 0.6 à (mettre un vêtement chaud), donc la possibilité résultante est :

maximum (0.6, 0.7) = 0.7

Le système MYCIN de diagnostic médical, utilise des règles de combinaison proches de la logique floue, même s'il a été construit indépendamment de celle-ci. Citons aussi le système français ELFIN, de proposition pétrolière, qui fait une première analyse «sans incertain» et la reprend ensuite avec la théorie des possibilités.

Un constat d'échec

Mais si cette voie a permis de résoudre le problème d'indépendance, elle n'en garde pas moins les inconvénients propres à toutes les méthodes numériques, en particulier :

— Difficultés d'initialisation des coefficients.

— Difficultés d'interprétation des résultats.

Il est parfois impossible pour l'expert de donner un ou plusieurs nombres pour décrire la confiance qu'il accorde à un fait, ou à une connaissance.

Donner une confiance à 0.5 ou 0.6 pour un fait, une connaissance, peut être complètement artificiel pour l'expert. Outre la difficulté de coder par des nombres une idée humaine, ce problème vient surtout de l'impossibilité de connaître à l'avance les répercussions de la modification d'un coefficient sur le travail du système. Les calculs utilisés n'ont d'ailleurs pas des propriétés permettant de garantir une certaine stabilité. Un petit écart de coefficient peut avoir des répercussions importantes. De même, l'interprétation des résultats est extrêmement délicate : doit-on fixer un seuil pour accepter un résultat ? Comment peut-on le choisir ? Doit-il être constant ? etc.

Il faut, en fait, faire un relatif constat d'échec sur ces méthodes numériques de traitement de l'incertain. Si des résultats intéressants mais partiels ont été obtenus, on ne peut dire qu'une méthode générale ait été dégagée.

Cette impasse peut expliquer la déception certaine provoquée par les résultats des travaux en Intelligence Artificielle. Le problème général qui ne nous semble pas résolu aujourd'hui est celui de l'utilisation pertinente de connaissances sur la façon de manipuler les informations de base. L'expert (pour un S.E.), l'humain (pour tout système intelligent) possèdent, en plus des connaissances directes sur le domaine étudié, des connaissances sur les informations elles-mêmes, indiquant leur rôle dans le raisonnement. Il faut donc utiliser cette nouvelle sorte d'information le mieux possible. Nous l'appellerons la méta-connaissance (sans liens avec l'acception philosophique du terme). Elle ne correspond pas forcément à un niveau «d'intelligence» différent de la connaissance de base ; il s'agit simplement de différence de niveau dans l'utilisation par le système. Ces méta-connaissances interviennent principalement dans le probème du traitement de l'incertain et dans celui du contrôle du raisonnement ; chacun de ceux-ci ne serait en fait qu'un aspect particulier du problème général.

Pour expliquer cela, rappelons rapidement ce qu'est le problème du contrôle. Ensuite nous verrons combien sont étroits ses liens avec celui du raisonnement incertain.

Incertain et contrôle

La plupart des S.E. cherchent, à partir d'une base de faits (entrée du système expert) à appliquer des connaissances (règles de production, prédicats) choisies

dans l'ensemble des connaissances du système. Ils engendrent ainsi une suite de déductions formant ce qu'on appelle l'arbre du raisonnement. La construction et l'exploration de cet arbre risquent d'être extrêmement coûteuses, voire insupportables en temps de calcul. C'est «l'explosion combinatoire», de même nature que celle qui empêche un programme jouant aux échecs d'explorer l'arbre de tous les coups possibles jusqu'à la fin de la partie.

Pour limiter cette explosion on cherche à choisir la connaissance la plus efficace à un instant donné. Beaucoup de méthodes ont été développées pour ce faire, dont aucune ne donne encore un résultat complètement satisfaisant.

Mais si le S.E. travaille dans un univers incertain, le choix de la bonne connaissance peut et doit tenir compte du caractère incertain des informations. En effet, les possibilités trop peu sûres doivent être parfois écartées. Souvent il est très important de chercher à confirmer un fait hypothétique, mais essentiel, avant de progresser dans l'analyse. De même le contrôle doit détecter les contradictions (toujours possibles en univers incertain). Il faudra parvenir à choisir une seule des deux possibilités. Enfin le contrôle doit assurer l'obtention d'un résultat atteignant une crédibilité suffisante, en fonction des souhaits de l'utilisateur.

Une autre sorte de lien entre contrôle et incertain réside dans l'utilisation de suppositions dans un raisonnement certain : même si le domaine est à priori certain, il peut être intéressant de supposer certaines informations, pour accélérer la recherche. Il faudra ensuite vérifier les hypothèses faites. On ne peut faire un contrôle efficace que si celui-ci a les moyens de gérer l'incertain.

Gérer la méta-connaissance

Dès lors que ces deux problèmes apparaissent tant liés, il peut être extrêmement prometteur de les aborder ensemble. Dans les traitements numériques de l'incertain on cherche, d'une façon ou d'une autre, à mesurer le degré d'incertitude.

Or le problème n'est-il pas plutôt d'être en mesure de décider à chaque instant si un fait doit ou non être pris en compte ? Il nous semble que les méthodes permettant de répondre à cette question ne doivent pas être très éloignées de celles indiquant si un fait est important ou non.

Si les traitements numériques de l'incertain sont insuffisants c'est sans doute parce que la «méta-connaissance» de l'expert y est codée de façon très restrictive : on perd énormément d'information sur les différentes natures de l'incertain, sur les causes de l'incertain d'un fait, sur la façon de confirmer un fait, etc.

Un traitement qualitatif (ou symbolique) de l'incertain consisterait alors à récolter toutes ces informations, à en déduire si oui ou non le fait peut être considéré comme vrai ou si il faut chercher à le confirmer, etc. Cela pourrait être fait conjointement avec la recherche de l'importance du fait.

Pour finir, montrons sur des exemples tirés de la vie quotidienne le genre de raisonnements incertains qu'on voudrait voir menés par nos S.E.

Avant une randonnée en montagne, je consulte la météorologie : beau temps pour la journée. Après deux heures de marche, je vois le ciel se couvrir et devenir menaçant : faut-il continuer ? Un peu plus loin nous rencontrons un berger qui nous assure que cela va se dégager. Deux sources n'ayant a priori aucune corrélation (météo et expérience du berger) : il va faire beau. Mais dans la suite de la discussion j'apprends que le berger a écouté ce matin les prévisions à la radio : les deux sources s'avèrent liées : il n'y a plus confirmation.

Ici la connaissance importante à utiliser concerne les conditions de l'observation, il est fondamental de savoir si oui ou non les informations sont indépendantes. Remarquons qu'on ne peut le savoir a priori : il faut le découvrir au cours du raisonnement.

J'ai envie d'aller voir un concert de jazz, mais le même soir est donnée aussi une nouvelle pièce de théâtre à la maison de la culture. J'hésite mais, comme je sais que Pierre, un ami, a déjà assisté au concert et vu la pièce dans une autre ville, je me renseigne auprès de lui. Hélas Pierre, a aimé tout autant la pièce et le concert. Comment faire ?

Je fouille ma mémoire et me rappelle que l'an passé j'ai été au théâtre avec lui et que nous étions d'accord pour aimer la pièce. En revanche, la semaine suivante, un concert de Jazz nous a amené au bord de la brouille tellement nos avis étaient discordants. Dès lors je sais qu'il me faut tenir compte de l'avis de Pierre *dans l'éventualité de la pièce de théâtre* et pas pour le concert : je vais donc au théâtre.

Dans cet exemple, on a utilisé à la fois des connaissances antérieures et le but de l'analyse (décider pour le théâtre ou le concert) pour tenir compte de l'avis de Pierre. Mais mes connaissances antérieures ne m'auraient été d'aucun secours pour, par exemple, tenir ou non compte de l'opinion de Pierre dans l'achat d'une nouvelle voiture.

Pour parvenir à mener ce genre d'analyses, on ne peut se satisfaire de coder la confiance accordée aux faits par de simples nombres. Plus qu'un raisonnement incertain, il faut mener un raisonnement *sur* l'incertain d'un fait ; chercher les causes du doute, les moyens d'y remédier, si on doit ou non en tenir compte pour le raisonnement qu'on est en train de mener.

Comment «coder» à l'intérieur d'un système expert les méta-connaissances nécessaires pour mener de tels raisonnements ?

Comment permettre à un utilisateur quelconque de fournir facilement au système ces connaissances ?

Existe-t-il des méthodes générales pour les traiter ?

Le lien que nous avons montré entre incertain et contrôle du raisonnement est-il assez important pour que ces méthodes permettent aussi des raisonnements plus efficaces ?

Autant de questions dont les réponses permettraient sans doute de faire un (petit) pas en avant dans la construction de systèmes (un peu) plus intelligents. ■

J.-M. Lefèvre, chercheur au LIFIA.

Note : (1) Dans cet article, on se place dans le cadre d'un système expert classique, utilisant des connaissances codées sous forme de règles de production. La structure générale d'un tel système est considérée connue du lecteur.

UN PROGRAMME D'AUJOURD'HUI POUR REPONDRE AUX EXIGENCES DE DEMAIN.

COMPACT 5 CNC

SCORBOT ER 111

LUX

EMCOTURN 140

F1 CNC

KGN

Les exigences d'automatisation de la production ont largement développé l'application de la commande numérique et de la robotique dans l'univers industriel. Aujourd'hui il est essentiel que les programmes de formation soient adaptés à la demande de notre temps, afin de répondre aux exigences de demain et ainsi maintenir à son plus haut niveau le système éducatif de notre pays.

C'est pourquoi LUX propose toute une gamme de machines-outils à commande numérique parfaitement adaptée au système éducatif et aux exigences pédagogiques d'aujourd'hui : tours de précision, robot à programmation... Chaque machine-outil LUX à commande numérique est conçue pour former les techniciens de demain.

LUX

LUX INTERNATIONAL
ZI la Marinière
CE 1 333 - 91032 EVRY
Tél. (6) 077.93.25

Service lecteur : cerclez 259

A lire

APPLICATIONS DU Z80

Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur le Z80 sans jamais oser le demander. Le Z80 est, avec le Motorola 6800 et le 6502, l'un des microprocesseurs 8 bits les plus utilisés aujourd'hui, que ce soit au niveau amateur ou professionnel. De plus, l'arrivée sur le marché du Z80 B, dont l'horloge tourne à 6 MHz, permet à ce composant de continuer brillamment sa carrière.

Mais venons-en au livre de COFFRON : cet ouvrage ne se veut certainement pas un manuel de montages à base de Z80 mais incite ses lecteurs à concevoir leur propres réalisations. Il atteint parfaitement ce but en présentant avec clarté toute la circuiterie devant être associée au microprocesseur : mémoires vives et mortes, interfaces d'entrée/sortie, traitement des interruptions, communications série, etc. Le tout est bien détaillé et permet d'exploiter pleinement les possibilités de ce composant très performant, surtout dans sa version B qui est 50 % plus rapide que la A.

Même si vous n'êtes pas particulièrement passionné par le Z80, que cela ne vous empêche surtout pas de lire ce livre qui pourra également vous donner des tas d'idées en ce qui concerne l'interfaçage des microprocesseurs en général. On trouvera également dans cet ouvrage tous les boîtiers d'interface spécifiques du Z80 comme les SIO, PIO, CTC,... avec leur brochage, leur connection au CPU et leur programmation.

En ce qui concerne la programmation proprement dite du Z80, on se reportera avec bonheur à l'ouvrage de Rodnay ZACKS «Programmation du Z80».

Service lecteur : cerclez 7

LES RÉSEAUX LOCAUX D'ENTREPRISE

Les réseaux locaux connaissent aujourd'hui un essor extraordinaire du fait du besoin sans cesse croissant de communication entre les différents équipements que l'on peut trouver dans une entreprise. On est en effet très loin de l'IBM 360 et de son armée d'opérateurs installés dans une salle étanche et climatisée... Maintenant l'information est partout, que ce soit dans les machines à traitement de texte, les différents équipements de bureautique, les télécopieurs, les ordinateurs de bureau, les minis, etc. Ces différents matériels doivent, pour éviter des redondances inutiles et coûteuses, avoir accès aux divers éléments que manipulent leurs voisins.

Face à ce besoin de communication, des normes ont été créées et des protocoles de communication mis au point. Et, justement, le but de ce livre très complet est de dresser un panorama des différentes solutions existant actuellement ainsi que des enjeux des réseaux locaux d'aujourd'hui. Après une présentation des topologies de réseaux et de l'état actuel de la normalisation, l'auteur aborde l'architecture proprement dite de façon classique en commençant par le modèle ISO et les protocoles de communication (CSMA-CD, Jeton...) ainsi que les modes de transmission et leurs supports (paire torsadée, coaxial, fibre optique). Enfin, une troisième partie aborde les principaux réseaux que l'on rencontre sur le marché aujourd'hui avec leurs originalités et leurs limitations. On y trouve en particulier une présentation de l'expérience de Biarritz ainsi qu'une étude du PABX proposé par Rolm qui offre des perspectives tout à fait passionnantes.

Service lecteur : cerclez 8

Passez professionnel avec Control Data.

L'informatique vous attire... vous êtes peut-être déjà un amateur passionné. Vous sentez les immenses possibilités, encore à peine explorées, qu'offrent les ordinateurs.

Vous avez entre 20 et 30 ans. Vous désirez exercer un métier captivant et bien rémunéré.

Une formation intensive et solide, chez un constructeur d'ordinateurs de réputation internationale, fera de vous le (ou la) vrai professionnel que les entreprises recherchent.

Demandez la brochure de l'Institut Privé Control Data. Vous y trouverez toutes les informations sur ses conditions d'admission, ses méthodes d'enseignement avancées et éprouvées dans un environnement qui ne ressemble en rien à celui de l'école.

Vous découvrirez les nombreux débouchés des deux principaux métiers de l'informatique : l'analyse-programmation et l'inspection de maintenance.

CONTROL DATA

INSTITUT PRIVÉ CONTROL DATA
pour devenir un vrai professionnel

A RETOURNER A : Institut Privé Control Data
Bureau 436 . 59 rue Nationale - 75013 Paris.
Tél. : (1) 584.15.89.

GRAPHI REAL

Nom _____

Adresse _____

_____ Age _____

NIVEAU D'ÉTUDES : niveau bac ○ bac ○

études sup. ○ Autres _____

INTÉRESSÉ PAR COURS D'INSPECTEUR DE MAINTENANCE en 26 semaines à Paris seulement ○

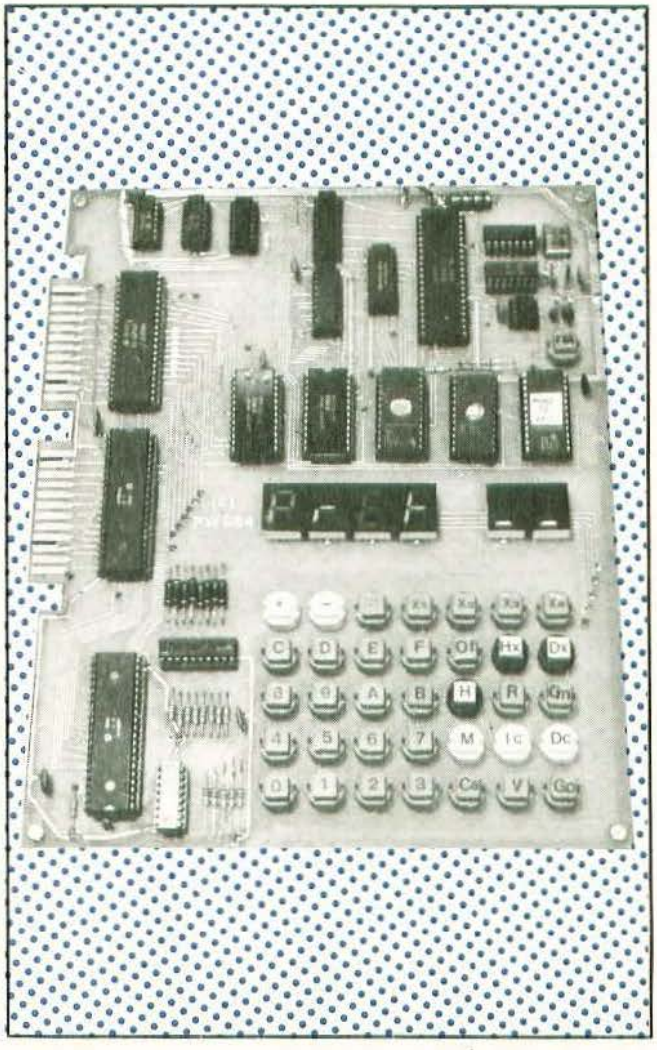
INTÉRESSÉ PAR COURS D'ANALYSTE-PROGRAMMEUR en 19 semaines à Paris ○ à Marseille ○ à Nantes ○ à Lille ○ à Lyon ○

Service lecteur : cerclez 110

MICRO Ø2

Un micro dédié à la conduite des automatismes

Le monde de la micro-informatique est ainsi fait qu'il n'existe pratiquement pas de machines capables de commander autre chose qu'une imprimante ou un lecteur de disquettes. Devant cette carence, nous avons conçu Micro 02 qui vous permettra de piloter le fonctionnement de vos robots et des automatismes les plus divers. De plus, cette carte constitue un excellent outil pédagogique d'initiation aux microprocesseurs et circuits associés.



Caractéristiques générales

Micro 02 est un micro-ordinateur qui est résolument orienté vers l'extérieur et qui utilise le microprocesseur 6502 que vous devez commencer à bien connaître puisqu'il a fait l'objet de plusieurs articles dans la revue. Disons-le tout de suite : Micro 02 ne parle pas et ne parlera pas Basic. En effet, le seul langage qu'il soit capable de comprendre est le langage-machine du 6502 que nous avons longuement décrit dans les 4 premiers numéros de *Micro & Robots*. Ce n'est certes pas la voie la plus facile mais c'est assurément la plus efficace.

Si le Microtimer que nous décrivions dans le numéro 9 de la revue était tourné vers une application très spécialisée, il n'en est pas du tout de même avec Micro 02. Ce dernier est, en effet, doté d'une capacité mémoire beaucoup plus importante et est entièrement programmable grâce à un moniteur résident puissant. Voici d'ailleurs en quelques lignes les possibilités de Micro 02 :

— Microprocesseur 6502 (horloge 1 MHz).
— RAM : 4 K/octets.
— ROM : 12 K/octets (8 K/octets libres).
— 40 lignes d'entrées/sorties (1 PIA + 1 VIA).
— Moniteur hexadécimal résident.
— Clavier à 35 touches dont 4 programmables.

— 6 afficheurs 7 segments LED de 13 mm.
Ces caractéristiques montrent que Micro 02 ne peut être considéré comme un simple gadget mais qu'il s'agit bien au contraire d'un appareil performant capable de vous aider au mieux dans la mise au point d'automates les plus divers. En effet, le moniteur résident vous permet d'éditer et de mettre au point vos programmes puis de les utiliser grâce aux interfaces que nous décrirons par la suite. Le premier périphérique que nous vous proposerons sera très utile car il s'agira d'un programmateur d'EPROMs. Il vous sera, de la sorte, possible de conserver vos programmes sur EPROM ce qui est, à notre avis, la meilleure des solutions pour toute application bien spécifique de Micro 02. Le deuxième périphérique est au moins aussi utile que le premier puisqu'il s'agit d'une interface cassette. Vos programmes pourront donc être sauvés grâce à un lecteur de cassettes du commerce ce qui vous épargnera quelques crises de nerfs lors de leur mise au point.
Les applications d'un micro-ordinateur tel que Micro 02 sont innombrables puisqu'il est possible de s'en servir comme d'une simple carte d'initiation au 6502 jusqu'à des applications industrielles en passant par l'exploitation de systèmes les plus divers tels qu'appareils de mesure, interfaces spécialisées pour ordinateurs, etc.

Synoptique de fonctionnement

L'organisation générale des circuits qui constituent Micro 02 est visible sur la figure 1. Le système comporte, en dehors du 6502, une mémoire RAM de 4 K/octets, une ROM de 12 K/octets, un VIA et deux PIA. Cela fait pas mal de monde et en voici les principales raisons.
Les 4 K/octets de RAM peuvent sembler très généreux puisque de nombreuses machines du commerce n'en disposent même pas de la moitié (suivez notre regard). La raison est pourtant bien simple : si l'on veut mettre au point un programme assez long, il vaut mieux disposer d'une mémoire suffisante plutôt que de le tester module par module car cela se termine par un «bug» dans 250% des cas. Avec Micro 02, vous pourrez tester vos programmes en entier avant de loger la version définitive sur EPROM. Il s'agit dont ici d'une question d'efficacité autant que de confort pour le programmeur.
Les 12 K/octets de ROM sont justifiés par le fait qu'il aurait été dommage de ne disposer que d'une EPROM pour le moniteur alors qu'il est si agréable et facile d'en ajouter deux. 8 K/octets de ROM restent ainsi disponibles pour vos programmes ce qui devrait vous satisfaire car 8 K/octets en langage-machine ce n'est pas rien et ce n'est pas nous qui dirions le contraire !
Si l'emploi d'un PIA coule de source, car il faut bien gérer le clavier et les afficheurs, pourquoi en avoir ajouté un autre et, surtout, un VIA ? Tout simplement parce que notre expérience personnelle nous a montré que, dans un grand nombre de cas, un seul circuit d'E/S ne suffisait pas. Le PIA est à présent un composant peu coûteux (20 F environ) et s'occupe très bien des basses besognes. Par contre le VIA (Versatile Interface Adapter) est un composant très performant qu'il eût été dommage de ne pas employer ici.
La RAM est constituée de deux circuits C.MOS du type 6116 qui sont des mémoires statiques de 2 K mots de 8 bits. La mise en œuvre de ces circuits est très simple puisqu'ils ne nécessitent

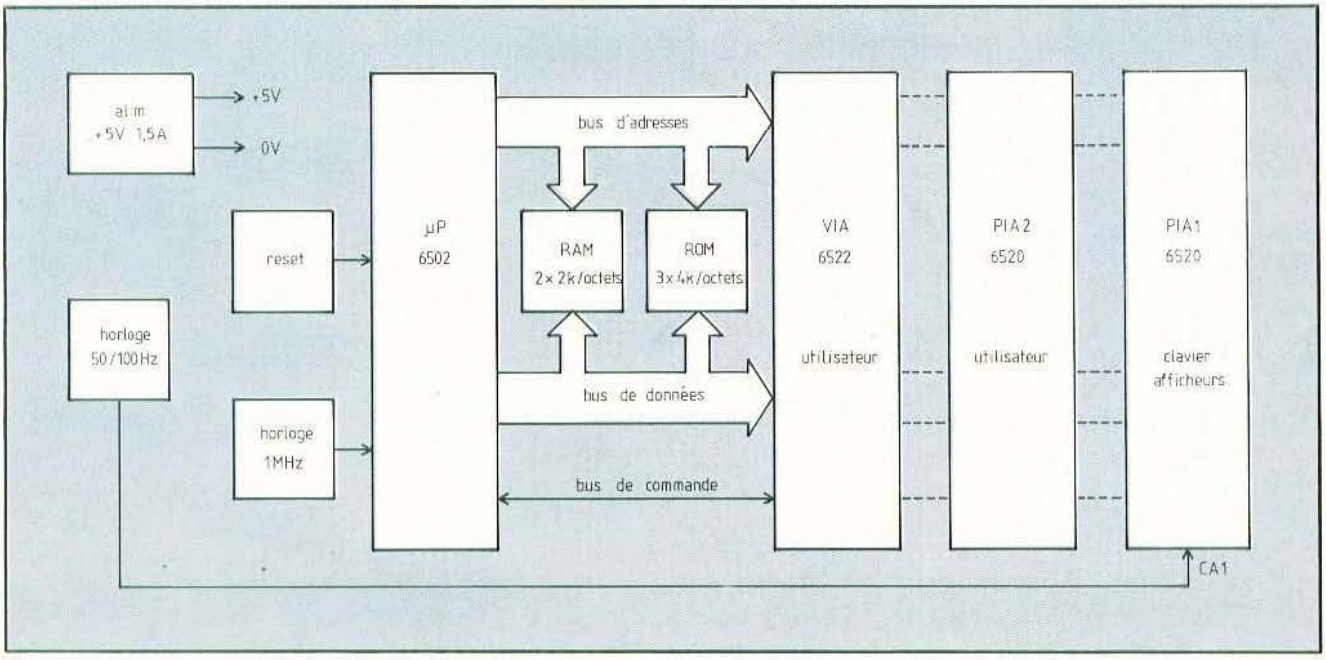


Figure 1. Synoptique général du Micro 02.

aucun dispositif de rafraîchissement et que leur brochage est compatible avec celui des EPROMs 2716.
Les trois supports de ROM acceptent les EPROMs du type 2532 de 4 K/octets ou 2716 de 2 K/octets sans aucune modification au niveau hardware. Les brochages de ces mémoires sont en effet compatibles d'où une simplification du câblage expliquant ainsi notre choix pour les 2532 plutôt que les 2732 un peu plus répandues.
Les deux PIA sont des 6520 (MOS TECHNOLOGY) ou des 6821 (MOTOROLA) que nous avons déjà rencontrés sur le Microtimer. Si l'un des PIA est accaparé totalement par le clavier et les afficheurs, les 16 lignes d'E/S et les 4 lignes de protocole de l'autre sont entièrement disponibles pour l'utilisateur. Il en est de même pour le VIA qui est un 6522 (MOS TECHNOLOGY) mais dont les possibilités sont beaucoup plus grandes comme nous le verrons par ailleurs.

Figure 2. Schéma de principe de l'unité centrale.

En dehors de ces circuits, vous pouvez constater qu'il en existe un baptisé «Horloge 50/100 Hz» dont la sortie est reliée à CA1 du PIA1. Ce circuit génère un signal d'une fréquence allant de 50 à 100 Hz activant les interruptions du 6502. La routine d'interruption gérant le clavier et les afficheurs, il nous a semblé intéressant de pouvoir modifier la fréquence de ce signal afin de permettre le réglage de la luminosité des afficheurs.
Pour conclure cette présentation du système, signalons enfin que les bus d'adresses et de données du 6502 sont «bufferisés» de même que les lignes du bus de commande ce qui est un gage de fiabilité.

Fonctionnement de Micro 02

Micro 02 est doté d'un clavier de 35 touches permettant l'entrée des diverses commandes gérées par le moniteur. L'affichage des

adresses et des données ainsi que celui de divers messages s'opère grâce à un bloc de 6 afficheurs. Les fonctions des différentes touches sont les suivantes :

TOUCHE	FONCTION
0	Clavier Hexadecimal
1	" "
2	" "
3	" "
4	" "
5	" "
6	" "
7	" "
8	" "
9	" "
A	" "
B	" "
C	" "
D	" "
E	" "
F	" "
Ce	Correction de la dernière touche entrée.
V	Validation de la dernière donnée entrée (équivaut à «RETURN»).
Go	Lancement d'un programme à partir d'une adresse donnée.
M	Examen mémoire ou programmation.
Ic	Incrément mémoire (en conjugaison avec commande «M»).
Dc	Décrémentation mémoire (en conjugaison avec commandes «M» et «R»).
H	Arrêt du programme sans remise à zéro des variables.
R	Affichage des registres après un point d'arrêt.
Cm	Mise à zéro d'une zone mémoire.
Of	Calcul d'offset pour les branchements.
Hx	Conversion Hexa/Décimal sur 8 bits.
Dx	Conversion Décimal/Hexa sur 8 bits.
+	Somme Hexa sur 16 bits.
−	Différence hexa sur 16 bits.
=	Inutilisée.
X1	Touche de fonction No1.
X2	Touche de fonction No2.
X3	Touche de fonction No3.
X4	Touche de fonction No4.

Comme vous pouvez le constater, certaines fonctions sont très utiles et ne se rencontrent généralement pas sur ce genre d'appareil. Nous pensons plus particulièrement aux touches de fonctions programmables et aux commandes «Hx», «Dx», «+» et «−». De plus le générateur de caractères est en RAM ce qui vous permettra de générer tous les codes que vous voudrez. Micro 02 est donc un appareil très performant dans sa catégorie et procure au programmeur un maximum de confort. Mais, disons-le tout de suite, Micro 02 est un appareil relativement complexe puisqu'il comporte un nombre de composants assez élevé dont la mise en œuvre n'est pas forcément évidente. C'est pourquoi nous vous proposons d'étudier les schémas, élément par élément, afin que vous ne vous sentiez pas trop perdus lors de la réalisation.

L'unité centrale

Cette partie très importante de Micro 02 constitue l'âme de l'appareil et le schéma de la figure 2 vous en livre les secrets. Le microprocesseur utilisé est, bien entendu, le 6502 dans sa version la plus simple (horloge à 1 MHz). Il est donc parfaitement inutile de vous procurer la version 6502 A qui suppose une horloge à 2 MHz.

Le signal pilote de l'horloge est produit par l'oscillateur à quartz bâti autour des inverseurs IC1a et IC1b. La fréquence du quartz étant de 10 MHz, nous retrouvons en sortie de IC1b un signal carré à cette fréquence. IC2 suit ce premier circuit et opère une division par 5 du signal suivie d'une division par 2. Ce montage d'un 74LS90 est plus rare mais nous permet d'obtenir en Q0 un signal dont le rapport cyclique est de 50%. En sortie de IC2, nous obtenons donc un signal carré d'une fréquence de 1 MHz, signal qui est injecté à l'entrée Phi0 du 6502.

Le circuit IC3, qui est un classique NE 555, permet d'assurer le «RESET» du 6502 et des autres circuits. Il est ici monté en monostable et, compte-tenu de la valeur des composants, nous obtenons à la mise sous tension un signal à l'état haut pendant environ 1 seconde. Ce signal est ensuite inversé par IC1c et relié à l'entrée RST barre du 6502. Un bouton-poussoir (Rst) relie l'entrée «Discharge» du 555 à la masse et permet ainsi d'obtenir un Reset du système sans avoir à couper l'alimentation, ce qui permet de conserver intact le contenu de la RAM.

Les bus d'adresses et de données devant être reliés à un nombre important de circuits, nous les avons munis d'amplis de bus (buffers, si vous préférez). Le bus d'adresses est donc suivi d'amplis unidirectionnels du type 81LS97 qui sont branchés en permanence, leurs entrées G1 et G2 barre étant reliées à la masse. Le bus de données est, par contre, suivi d'un ampli bidirectionnel du type 74LS245. La sélection de la direction du transfert des données étant contrôlée par l'entrée DR de IC7, cette broche est reliée à la ligne RW barre du 6502 via l'inverseur IC1f. L'inverseur IC9a rétablit la polarité du signal R/W barre qui pilote la RAM et les circuits d'E/S.

Le signal d'horloge Phi2 est lui aussi amplifié par IC1d/IC1e et la ligne IRQ barre est reliée au + 5 V via R8 dont la valeur est de 3,3 KΩ. Les entrées S.O., RDY et NMI barre du 6502 étant inutilisées sur Micro 02, nous les avons reliées au + 5 V par autant de résistances de 1 kΩ.

Le décodage d'adresses est assuré par IC8 qui est un 74LS138. Les entrées de ce circuit étant reliées à BA13, BA14 et BA15, nous pouvons donc adresser 8 blocs de 8 K/octets chacun conformément au tableau suivant :

A0	A1	A2	Sortie activée	Zone mémoire
0	0	0	S0	$0000 $1FFF
0	0	1	SEL2	$2000 $3FFF
0	1	0	SEL3	$4000 $5FFF
0	1	1	SEL4	$6000 $7FFF
1	0	0	SEL5	$8000 $9FFF
1	0	1	SEL6	$A000 $BFFF
1	1	0	SEL7	$C000 $DFFF
1	1	1	SEL8	$E000 $FFFF

L'organisation de la mémoire de Micro 02 est conforme au tableau de la figure 3 et l'on retrouve les adresses du tableau précédent à deux exceptions près : la RAM et le moniteur. Ce dernier est en effet implanté de $F000 à $FFFF alors que sur le tableau précédent, nous indiquions une sélection par SEL8 des adresses allant de $E000 à $FFFF. En fait, si le moniteur est «officiellement» implanté à partir de $F000, le 6502 ne fera pas la différence entre $E000 et $F000, les lignes BA13, 14 et 15 restant inchangées pour ces deux valeurs.

La sélection des deux boîtiers de RAM de 2 K/octets chacun est un peu plus compliquée. Nous avons opéré une discrimination par SEL A et SEL B grâce à la ligne BA11 qui passe à 1 au-delà de $0FFF et par BA12 qui passe à l'état 1 au delà de $1FFF. Cette sélection s'effectue très simplement grâce aux circuits IC9b, c et d, et à la double porte NAND IC10. Le fonctionnement de cette partie de Micro 02 obéit donc au tableau suivant :

Adresses	S0	BA11	BA12	SEL A	SEL B
$0000 $07FF	0	0	0	0	1
$0800 $0FFF	0	1	0	1	0
$1000 $1FFF	0	1	1	1	1
$2000 $FFFF	1	X	X	1	1

La carte-mémoire de la figure 3 montre que deux emplacements de ROM de 4 K/octets restent disponibles en $A000/$AFFF et $C000/$CFFF. De même, on s'aperçoit que si les deux PIA n'occupent que 4 octets en $4000/$4003 et $6000/$6003, le VIA occupe lui 16 octets de $8000 à $800F. Il est enfin à signaler que la sortie SEL2 qui permet d'accéder aux adresses comprises entre $2000 et $3FFF est inutilisée sur Micro 02. Elle est par contre sortie pour que vous puissiez y relier une application éventuelle.

Les circuits de mémoire

Le schéma de la figure 4 vous montre le branchement des mémoires ROM et de la RAM. Nous avons prévu trois supports de ROM capables de recevoir aussi bien les très classiques EPROMs du type 2716 (2 K/octets) que les 2532 (4 K/octets). En effet, la seule différence de brochage entre ces deux types de mémoires réside dans la broche 18 qui est reliée à A11 dans le cas des 2532 et à E/P sur une 2716. Par conséquent, une 2716 est utilisable sur le même support qu'une 2532 tant que BA11 est à l'état 0, ce

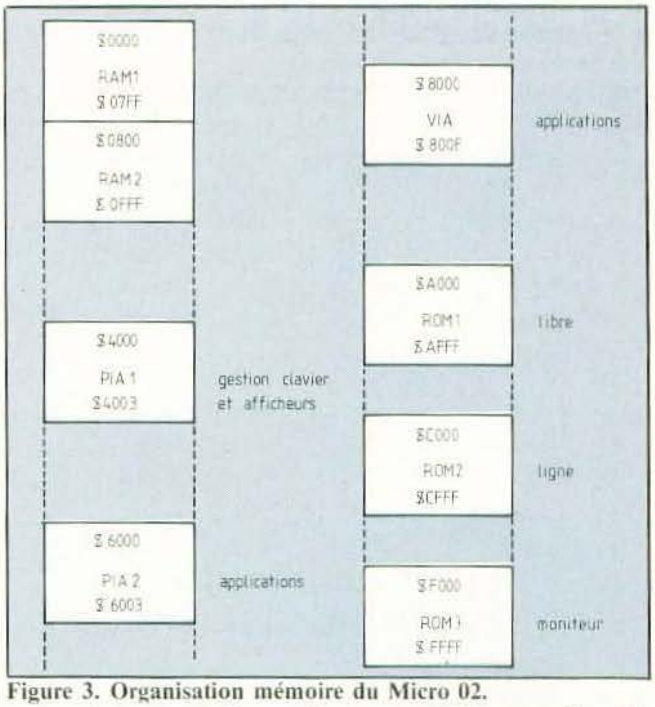


Figure 3. Organisation mémoire du Micro 02.

qui est le cas tant qu'on ne dépasse pas 2048 octets. C'est évidemment la raison qui nous a fait préférer les 2532 aux 2732 un peu plus répandues. La sélection des boîtiers s'opère par l'entrée Chip Select (CS barre) qui est reliée à SEL6, SEL7 ou SEL8. ROM1 est donc implantée en $A000/$AFFF, ROM2 en $C000/$CFFF et le moniteur (ROM3) en $F000/$FFFF.

Les circuits de RAM que nous avons utilisés sont du type 6116 qui devient très courant. Il faut dire qu'il s'agit de mémoires RAM statiques en technologie C.MOS de 2 K/octets très faciles à utiliser et dont le boîtier est compatible avec celui des EPROMs 2716. La mise en œuvre est extrêmement simple comme le montre le schéma puisque les seules liaisons à effectuer, en dehors des bus d'adresses et des données, sont l'entrée R/W et l'entrée $\overline{CS}$. Conformément à ce qui a été dit plus haut, cette dernière entrée est reliée à SEL A ou SEL B suivant le boîtier concerné. Notons enfin que la consommation de ces mémoires au repos est très faible puisqu'une simple pile de lampe de poche leur permettrait de conserver les données en mémoire pendant plus d'un an ! Il y aurait donc moyen d'envisager une mémoire quasi-permanente à peu de frais.

Les circuits d'entrées/sorties

Comme nous l'avons mentionné plus haut, Micro 02 est équipé de trois circuits d'E/S : un VIA et deux PIA. Le schéma de la figure 5 vous montre la manière dont nous les avons utilisés. Le VIA (Versatile Interface Adapter) est un 6522 fabriqué principalement par MOS TECHNOLOGY (Filiale de COMMODORE) ou par ROCKWELL. Ce circuit est une véritable «bête à tout faire» en matière d'interfaçage. Il comporte en effet : 2 ports d'E/S sur 8 bits avec chacun 2 lignes de protocole, 1 registre à

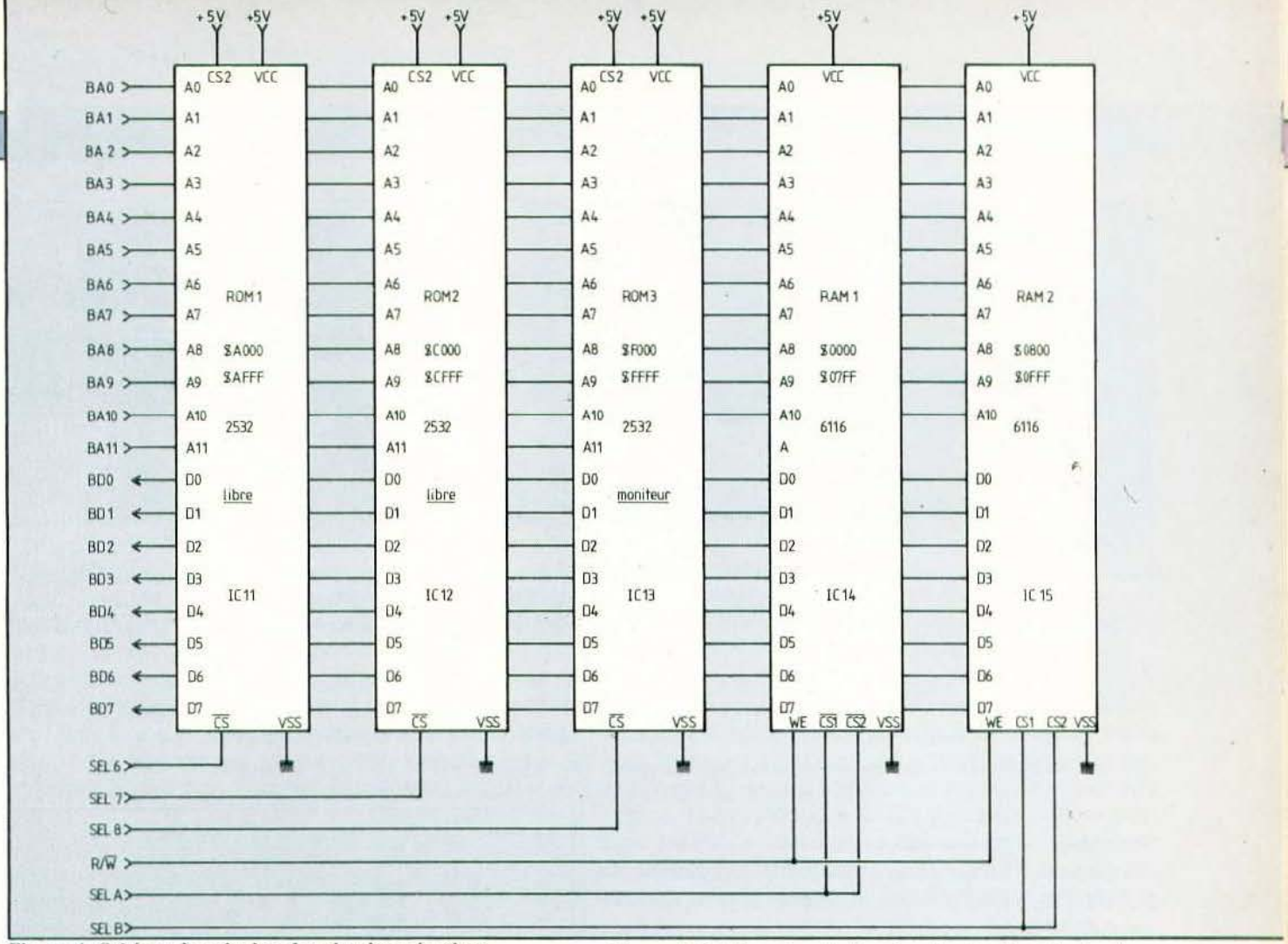


Figure 4. Schéma de principe des circuits-mémoires.

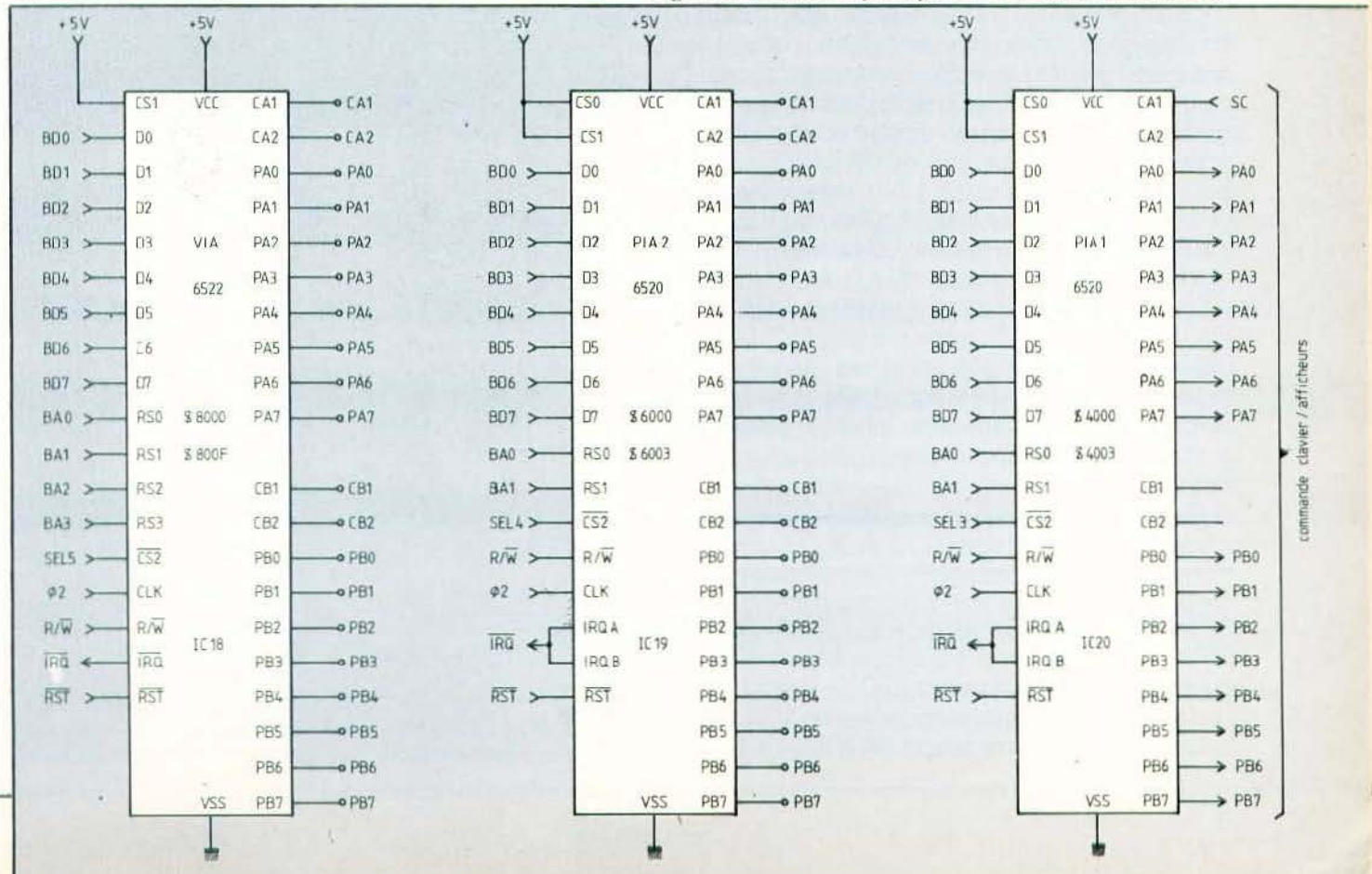
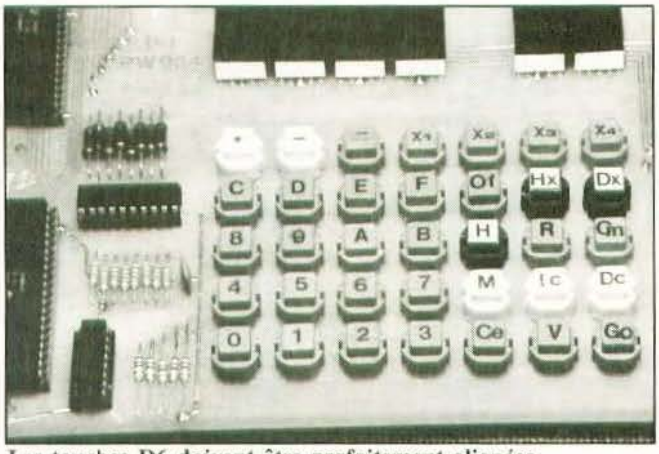


Figure 5. Schéma de principe des circuits d'entrées/sorties.



Les touches D6 doivent être parfaitement alignées.

Le quartz est maintenu par une bride.

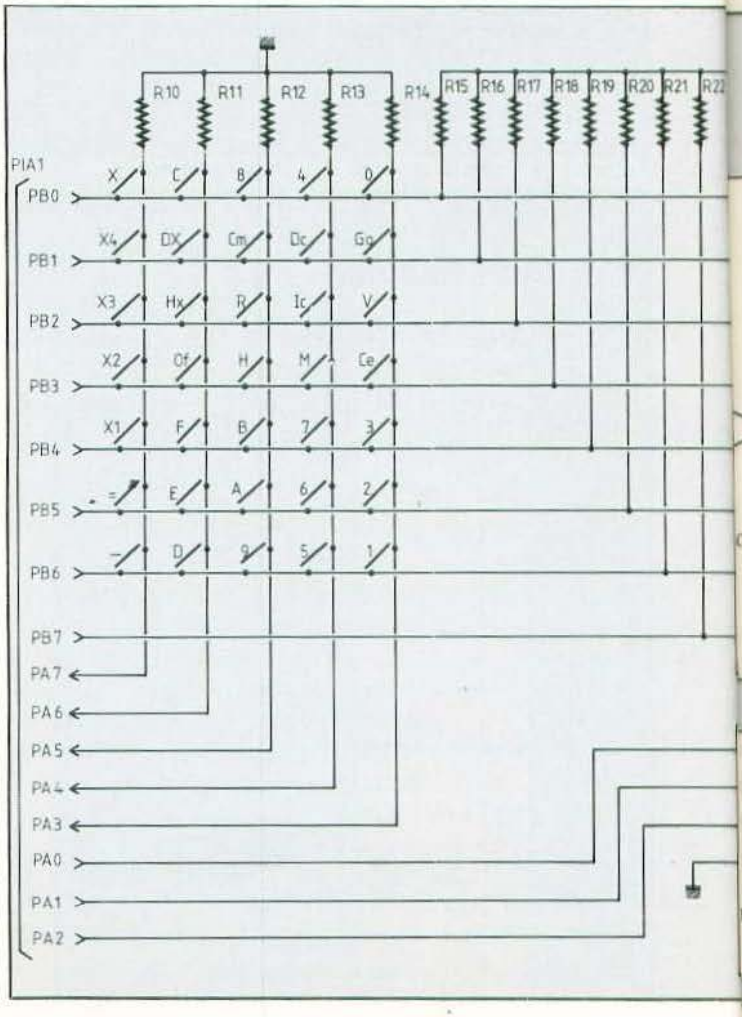
décalage et, enfin, 2 temporisateurs/compteurs programmables. C'est dire que sa présence sur Micro 02 va faire des heureux ! Il est ici entièrement disponible pour l'utilisateur et est implanté en $8000/$800F, l'entrée $\overline{CS2}$ étant reliée à SEL5. Le 6522 possédant 16 registres adressables directement, les lignes BA0 à BA3 sont reliées aux entrées RS0 à RS3 et chaque registre est considéré comme une adresse particulière. La sortie $\overline{IRQ}$ du VIA est reliée à son homologue du 6502 et pourra donc piloter les interruptions du système. Les deux ports de sortie sortent sur le côté de la carte sous la forme de deux connecteurs normalisés au pas de 3,96, ce qui nous paraît être une formule à la fois économique et efficace.

PIA1 et PIA2 sont, soit des 6821 (MOTOROLA), soit des 6520 (MOS TECHNOLOGY) et sont beaucoup plus courants. PIA1 est entièrement accaparé par la commande du clavier et des afficheurs alors que PIA2 est intégralement disponible pour l'utilisateur. Quoique disposant de 6 registres internes, ces circuits sont adressables par 4 emplacements-mémoire ce qui est, à notre avis, stupide car cela complique inutilement les programmes. Par contre, ils sont d'un prix très bas (20 à 25F), alors ne nous plaignons pas trop ! Les registres de chacun des PIA sont accessibles par RS0 et RS1 qui sont, bien entendu, reliés aux lignes BA0 et BA1. La sélection des boîtiers s'opère par SEL3 pour PIA1 et par SEL4 pour PIA2. PIA1 se trouve donc implanté en $4000/$S4003 et PIA2 en $6000/$6003. De même que pour le VIA, les sorties $\overline{IRQA}$ et $\overline{IRQB}$ des deux PIA sont reliées à $\overline{IRQ}$ du 6502 et la commande des interruptions du système s'opère par l'entrée CA1 de PIA1 (point SC). Il est à noter, enfin, que les autres lignes de protocole de PIA1 ne sont pas utilisées dans la version de base de Micro 02.

Clavier et affichage

Tout micro-ordinateur se doit de disposer d'un clavier et d'un système de visualisation digne de ce nom. Micro 02 n'échappe pas à la règle et nous l'avons doté d'un clavier de 35 touches ainsi que de 6 afficheurs à 7 segments LED de 13 mm.

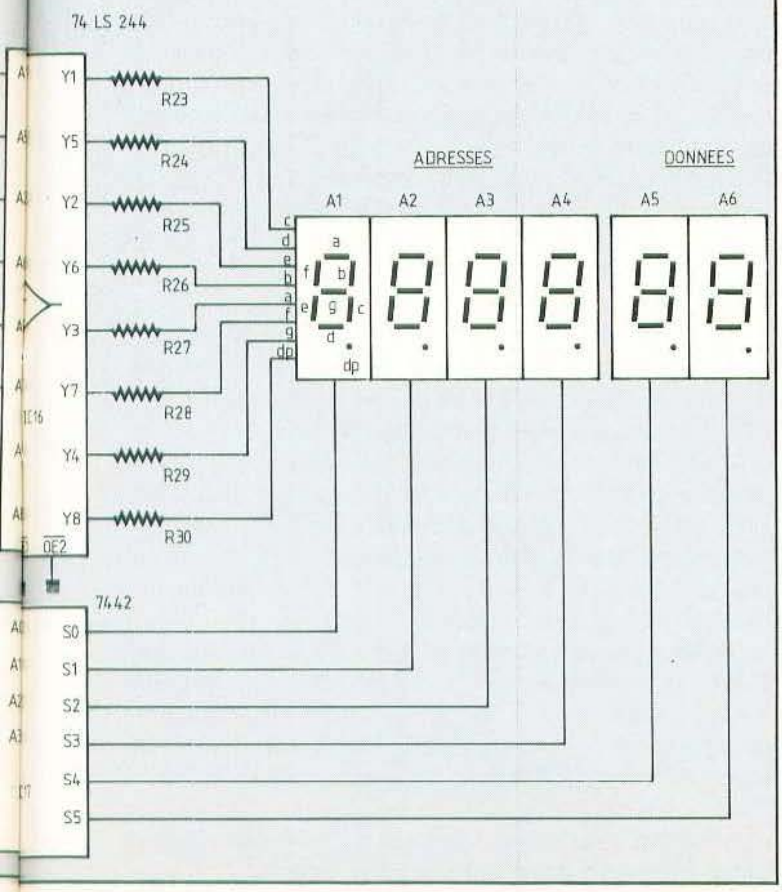
Le clavier est du type matricé ce qui conduit à un câblage on ne peut plus simple comme en témoigne la figure 6. Les rangées sont reliées aux sorties PA3 à PA7 du port A du PIA1 et retournent à la masse par les résistances R10 à R14 dont la valeur est de 680 Ω. Les colonnes sont branchées aux sorties PB0 à PB6 du PIA1 et sont reliées au + 5 V par les résistances R15 à R21 (6,8 kΩ). Lors de la scrutation du clavier, le port B est à l'état 1 ce qui permet de déterminer par lecture de PA3-PA7 quelle est la rangée. Il suffit ensuite de lire le port B pour déterminer



la colonne, une seule ligne se trouvant alors à l'état 0. Toutes ces opérations s'effectuent, bien entendu, très vite par programme et un délai de lecture est prévu de manière à éviter les erreurs dues au crachement des contacts. Comme pour le MICROTIMER, nous avons utilisé des touches D6 dont le fonctionnement est excellent et le coût très abordable.

L'affichage est lui aussi multiplexé et la commande successive d'allumage des digits est assurée par IC17 qui est un très classique 7442. Nous avons bien dit 7442 et non pas 74LS42. En effet, compte-tenu du temps très bref (1 m/S) d'allumage de chacun des digits, un 74LS42 n'aurait pas une «pêche» suffisante pour permettre l'écoulement du courant assez important qui traverse chacune de ses sorties. La commande des segments s'effectue via IC16 qui est un 74LS244 et leur protection est assurée par les résistances R23 à R30 dont la valeur est de 15 Ω. Les afficheurs sont du type «haute luminosité» et à cathodes communes. Nous avons monté sur la maquette des D 350 PKG de marque TELEFUNKEN qui donnent toute satisfaction mais il est possible d'employer un autre modèle. Les afficheurs sont divisés en deux blocs : un groupe de 4 pour les adresses et un groupe de 2 pour les données. Il est à noter que nous avons prévu un réglage de la luminosité sur Micro 02 grâce à la modification de la fréquence de l'horloge générant les interruptions.

Figure 6. Schéma de principe de l'ensemble clavier/afficheurs.



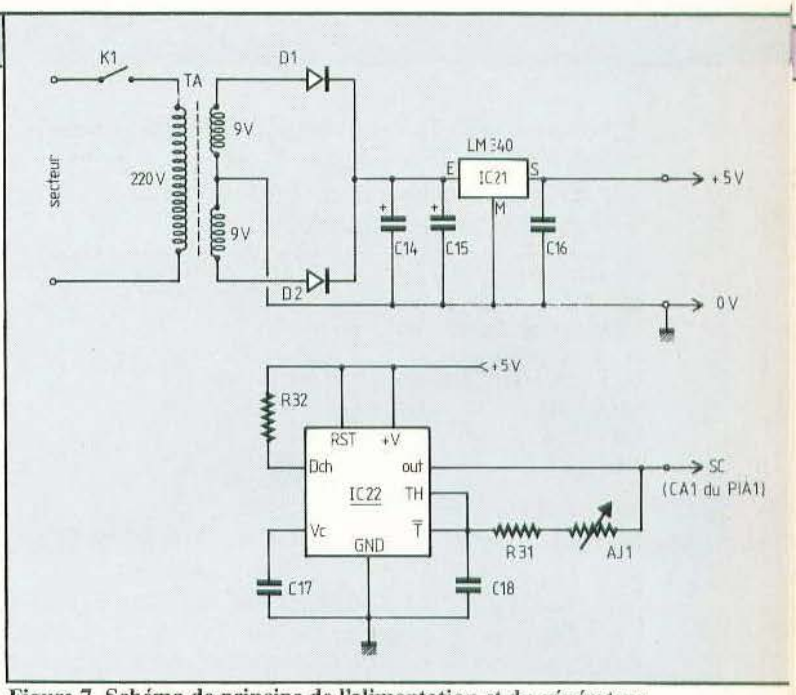


Figure 7. Schéma de principe de l'alimentation et du générateur.

L'alimentation et le générateur d'interruptions

L'alimentation de Micro 02 s'effectue par un bloc séparé délivrant 5 volts sous 1,5 ampère ce qui est plus que suffisant puisque la consommation totale de la carte ne dépasse pas 600 mA. Le schéma de la figure 7 montre la simplicité de ce circuit. Le transfo délivre 2 fois 9 volts sous 1,5 ampère et est suivi d'un classique redresseur à point milieu. Le filtrage est assuré par C14 et C15 dont la capacité est de 2200 μF et la régulation par un circuit du type 7805 en boîtier TO3. Nous n'avons pas prévu de protection par fusible car IC21 dispose d'un système de sécurité intégré contre les surcharges ou l'élévation anormale de la température du boîtier.

Le circuit qui apparaît au-dessous de l'alimentation est chargé de générer les impulsions de commande des interruptions du 6502. Il s'agit d'un simple oscillateur utilisant un NE 555 (IC22) et nous obtenons au point SC un signal carré dont la fréquence varie de 50 à 100 Hz grâce à l'action sur AJ1. Le point SC est relié à l'entrée CA1 du PIA1 et provoque l'activation des interruptions par la descente au niveau 0 de la ligne $\overline{IRQ}$. La routine d'interruptions du moniteur gérant le clavier et les afficheurs, la luminosité de ces derniers sera d'autant plus forte que la fréquence du signal délivré par IC22 sera élevée. Le système est très simple comme vous le voyez et la stabilité du circuit excellente. Nous voici arrivés au bout de l'étude théorique de Micro 02 et vous proposons à présent d'aborder la partie réalisation.

RÉALISATION

Mener à bien la réalisation d'un appareil tel que Micro 02 demande beaucoup de soin. En effet, la carte est constituée par un circuit imprimé double face de grande taille et, compte-tenu

du nombre élevé de liaisons, le tracé est assez délicat. Nous vous recommandons donc de suivre au mieux les conseils que nous vous donnons et qui vous éviteront (nous l'espérons) de tomber dans les pièges les plus classiques.

Résistances 5%

R1 : 1 kΩ 1/4 W
R2 : 2,7 kΩ 1/4 W
R3 : 100 kΩ 1/4 W
R4 : 100 kΩ 1/4 W
R5 : 1 kΩ 1/4 W
R6 : 1 kΩ 1/4 W
R7 : 1 kΩ 1/4 W
R8 : 3,3 kΩ 1/4 W
R9 : 3,3 kΩ 1/4 W
R10 : 680 Ω 1/4 W
R11 : 680 Ω 1/4 W
R12 : 680 Ω 1/4 W
R13 : 680 Ω 1/4 W
R14 : 680 Ω 1/4 W
R15 : 6,8 kΩ 1/4 W
R16 : 6,8 kΩ 1/4 W
AJ1 : 10 kΩ ajustable miniature
R17 : 6,8 kΩ 1/4 W
R18 : 6,8 kΩ 1/4 W
R19 : 6,8 kΩ 1/4 W
R20 : 6,8 kΩ 1/4 W
R21 : 6,8 kΩ 1/4 W
R22 : 6,8 kΩ 1/4 W
R23 : 15 Ω 1/2 W
R24 : 15 Ω 1/2 W
R25 : 15 Ω 1/2 W
R26 : 15 Ω 1/2 W
R27 : 15 Ω1/2 W
R28 : 15 Ω 1/2 W
R29 : 15 Ω 1/2 W
R30 : 15 Ω 1/2 W
R31 : 4,7 kΩ 1/4 W
R32 : 10 kΩ 1/4 W

Condensateurs :

C 1 : 33 pF 100 V céramique
C 2 : 10 µF 25 V tantale
C 3 : 10 µF 35 V tantale
C 4 : 10 nF 100 V céramique
C 5 : 22 µF 25 V chimique
C 6 : 22 nF 50 V ceram multicouche
C 7 : 22 nF 50 V ceram multicouche
C 8 : 22 nF 50 V ceram multicouche
C 9 : 22 nF 50 V ceram multicouche
C10 : 22 nF 50 V ceram multicouche
C11 : 22 nF 50 V ceram multicouche
C12 : 22 nF 50 V ceram multicouche
C13 : 22 nF 50 V ceram multicouche
C14 : 2200 µF 16 V chimique
C15 : 2200 µF 16 V chimique
C16 : 220 nF 100 V mylar
C17 : 10 nF 100 V céramique
C18 : 1 µF 100 V MKH

Semi-conducteurs :

IC1 : 74LS04
IC2 : 74LS90
IC3 : NE 555
IC4 : 6502 (MOS TECHNOLOGY), R 6502P (ROCKWELL)
IC5 : 81LS97
IC6 : 81LS97
IC7 : 74LS245
IC8 : 74LS138
IC9 : 74LS04
IC10 : 74LS20
IC11 : Emplacement pour EPROM 2716 ou 2532
IC12 : Idem
IC13 : Programme moniteur logé sur 2532
IC14 : 6116 (HM 6116, TMM 2016, M5126) RAM 2 K/octets.
IC15 : 6116 (HM 6116, TMM 2016, M5126) RAM 2 K/octets.
IC16 : 74LS244
IC17 : 7442
IC18 : 6522 (VIA)
IC19 : 6821 (MOTOROLA/EFCIS) ou 6520 (MOS TECHNOLOGY)
IC20 : 6821 (MOTOROLA/EFCIS) ou 6520 (MOS TECHNOLOGY)
IC21 : LM 340 K (régulateur 7805 en boîtier TO3)
IC22 : NE 555
A1/A6 : Afficheurs cathodes communes de 13 mm (D350PK sur la maquette)
D1/D2 : Diodes 100 V/3 A (BY 253 sur la maquette)

Matériel divers

QZ : Quartz 100 MHz en boîtier HC 25/U
TA : Transfo 220/2 × 9 V 12 VA
K1 : Inverseur à glissière
36 touches miniatures type D6
4 supports CI 40 broches
5 supports CI 24 broches
4 supports CI 20 broches
2 supports CI 16 broches
4 supports CI 14 broches
2 supports CI 8 broches
1 radiateur pour boîtier TO3 type ML 16

Liste des composants. N.B.: Les circuits imprimés gravés et percés sont disponibles chez FACIM (19, rue de Hegenheim 68300 St-Louis) de même que la plupart des composants.

Les circuits imprimés

Compte-tenu de la complexité de Micro 02, il ne nous a pas été possible de réaliser la carte sur un circuit simple face ce qui ne va évidemment pas vous faciliter la tâche. Par contre, la densité des composants n'est pas trop élevée et nous n'avons pas cherché à miniaturiser l'appareil. Tous les composants, à l'exception de l'alimentation, tiennent sur une carte unique dont le tracé à l'échelle 1/1 est indiqué sur les figures 8 et 9. Comme vous pouvez le constater, le tracé est assez fin et demande une précision quasi-chirurgicale si vous employez, comme nous, le feutre et les transferts. Nous vous conseillons donc vivement d'employer la méthode photographique ou d'acheter les circuits chez FACIM qui les fournit avec trous métallisés. Le circuit du bloc d'alimentation dont le tracé est donné sur la figure 10 est beaucoup plus simple et peut, lui, être réalisé «à la main» sans problème.
Si vous réalisez les circuits vous-mêmes, étamez les pistes (indispensable) au fer ou à l'aide d'un produit spécial et nettoyez-les à l'acétone afin d'éliminer tout dépôt. Vérifiez minutieusement la parfaite conformité de votre circuit par rapport aux plans et traquez impitoyablement toute coupure ou court-circuit cela vaut mieux pour vos nerfs lors de la mise en route ! Terminez la préparation mécanique du circuit en pratiquant à la scie les découpes des connecteurs du PIA2 et du VIA puis en positionnant les détrompeurs suivant le plan de la figure 13.
Implantez à présent les composants en vous aidant des figures 11 et 12. Débutez par la pose des traversées entre faces du circuit qui sont signalées par une croix sur les plans et par celle du strap de masse au-dessus du connecteur du VIA. Soudez ensuite tous les supports de circuits intégrés en prenant garde de laisser un espace suffisant pour passer la panne du fer à souder pour les soudures côté composants. Implantez et soudez enfin tous les autres composants en veillant à respecter les polarités des dio-

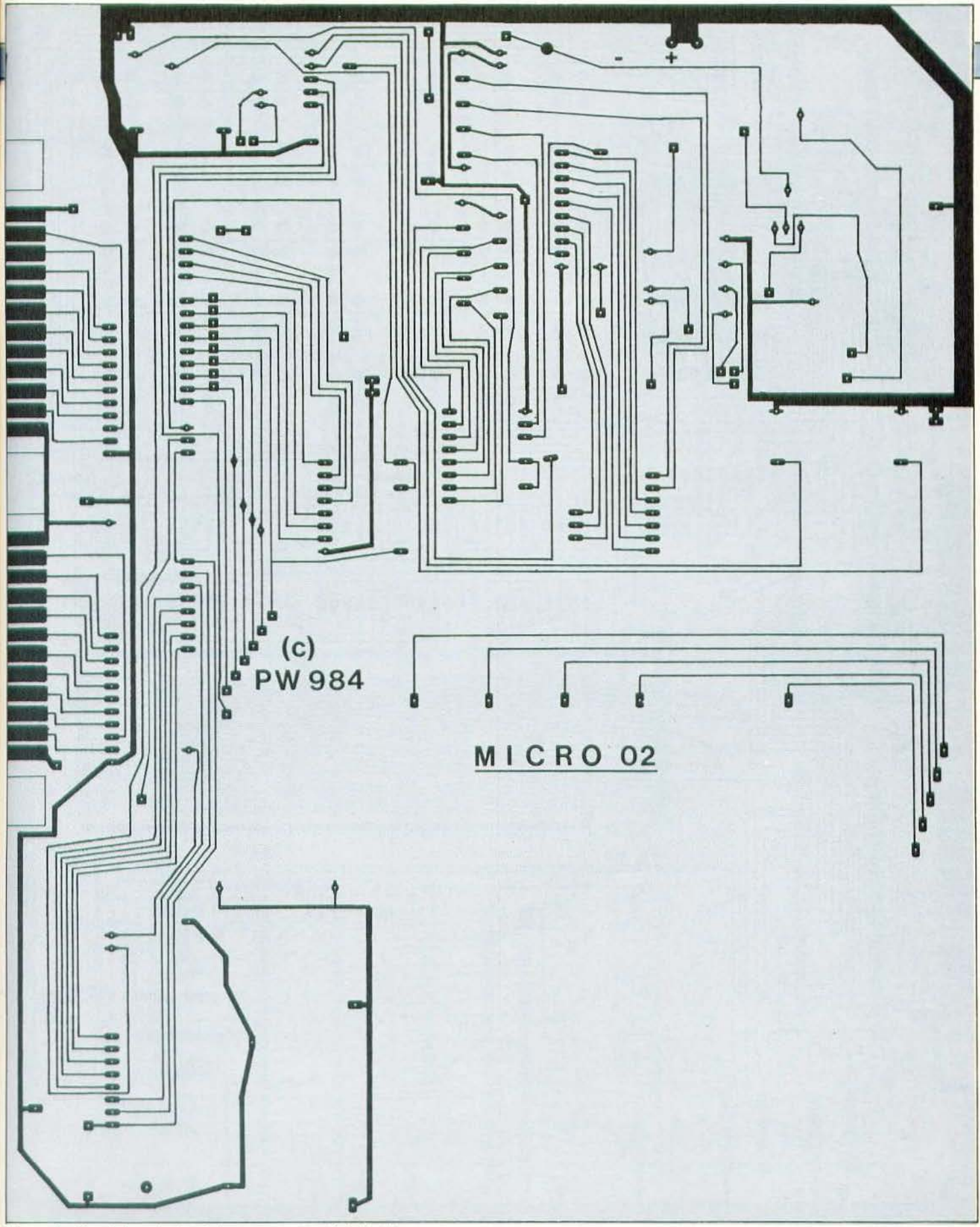


Figure 9. Circuit imprimé «côté composants» (échelle 1).

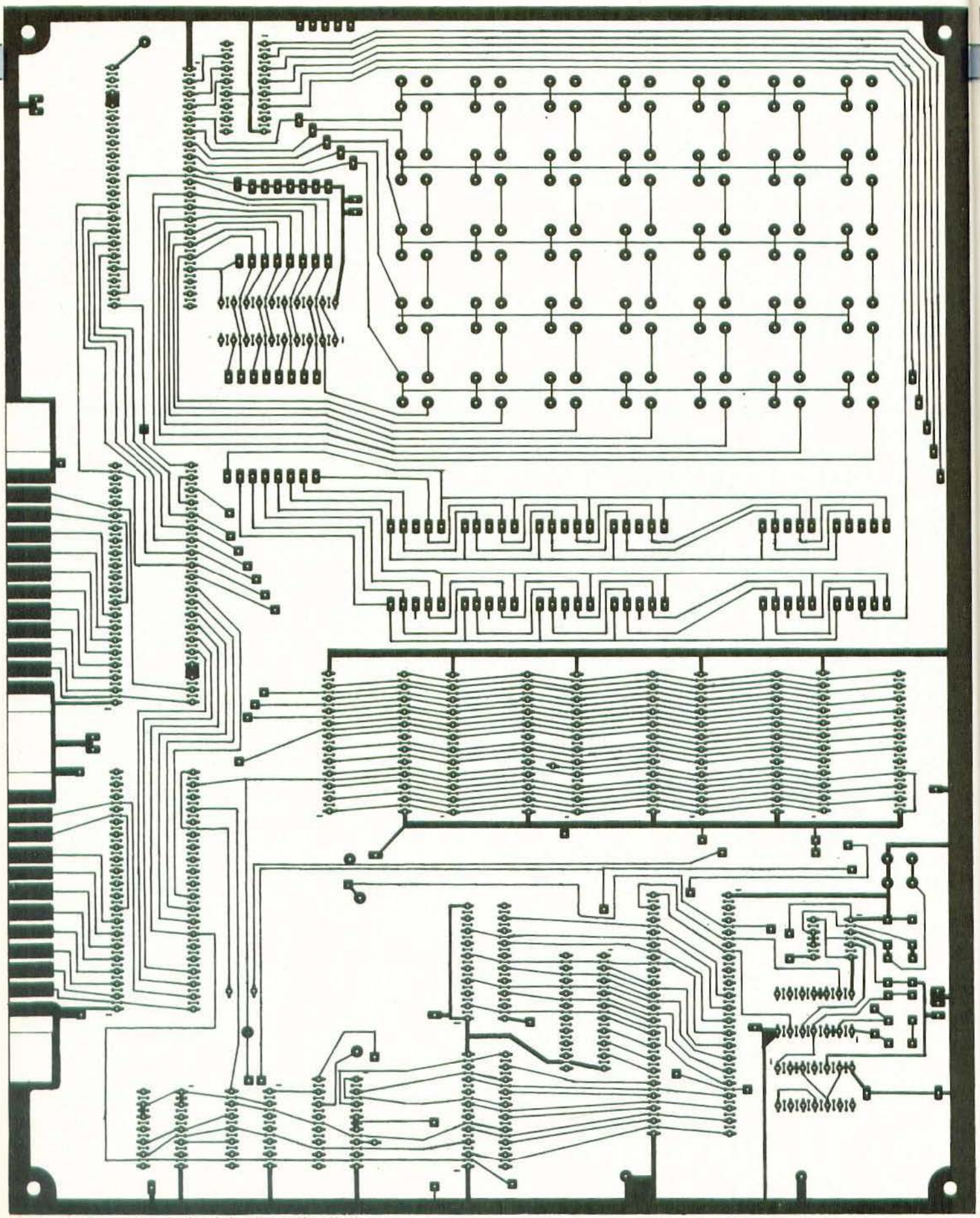


Figure 8. Circuit imprimé «côté cuivre» (échelle 1).

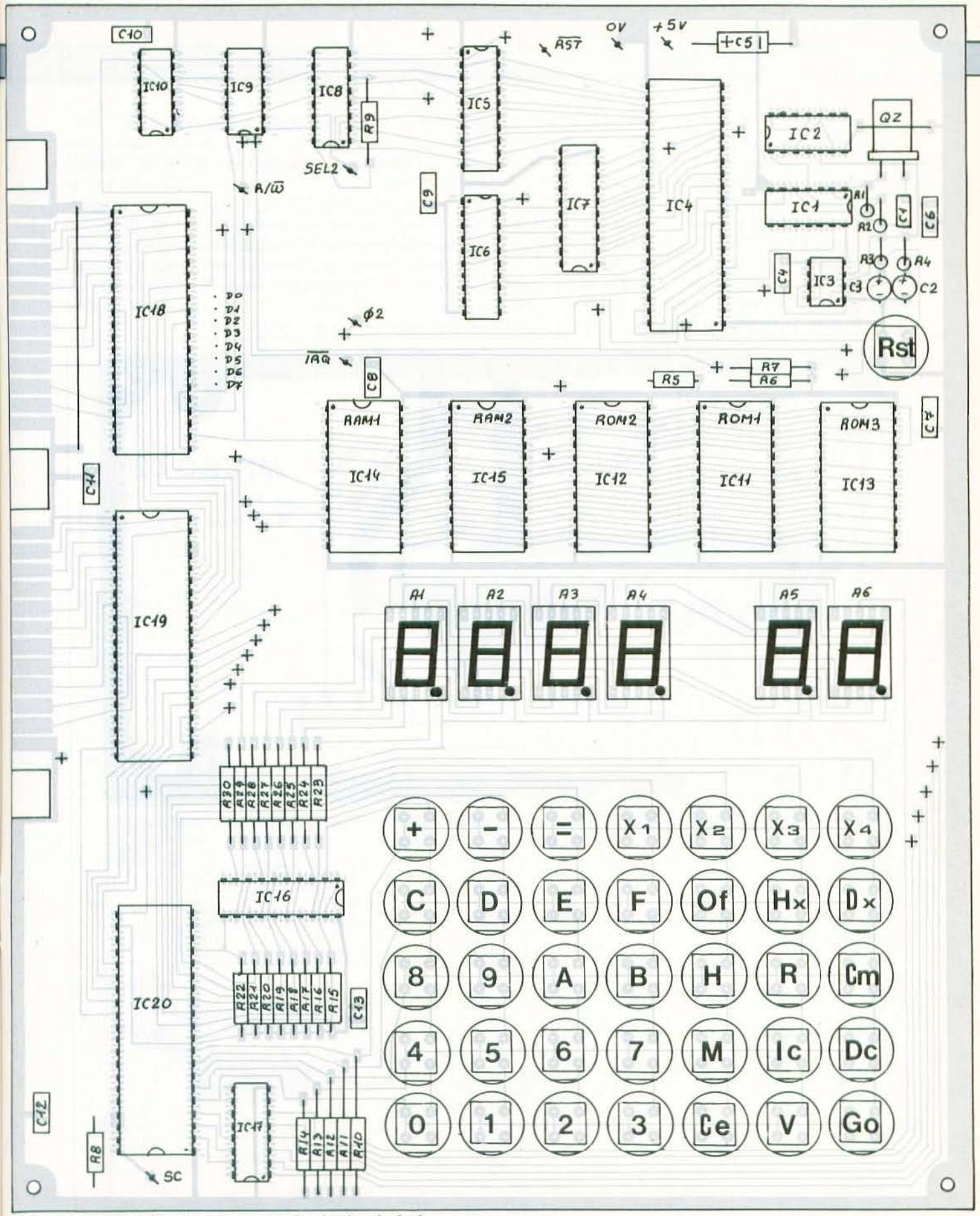
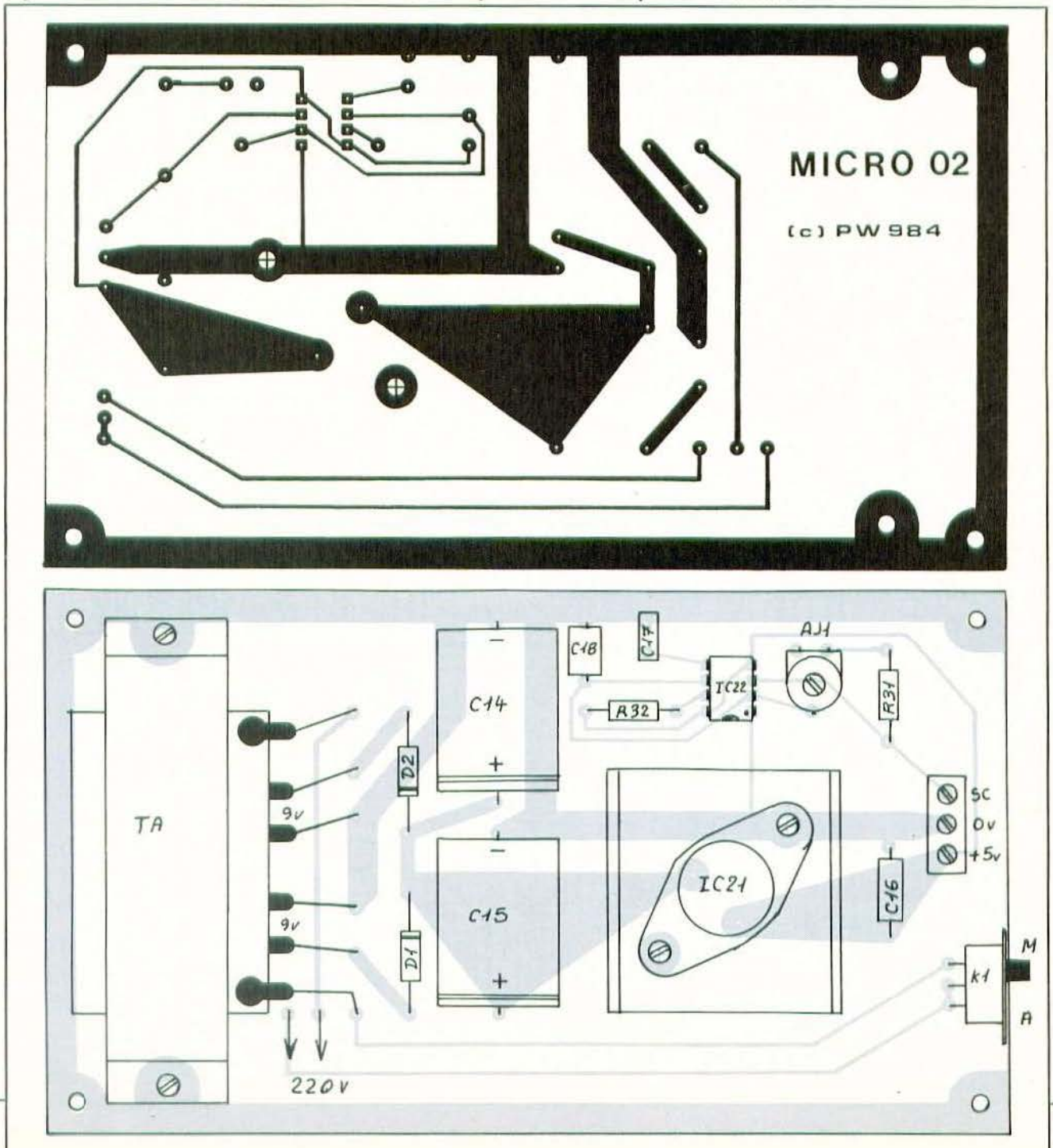


Figure 11. Implantation des composants du circuit principal.

des et condensateurs chimiques. Les afficheurs et les touches doivent être parfaitement alignés ce qui doit s'opérer sans problème si le dessin original a été respecté. Au niveau des particularités de câblage, notez que le quartz est plaqué contre le circuit au moyen d'un strap, que K1 est soudé sur le circuit à l'aide de fil de 10/10e et que la sortie du bloc d'alimentation se fera de préférence à l'aide d'un bornier 3 broches soudé sur le circuit.
Au niveau de la présentation, nous vous conseillons de munir les deux circuits de «pieds» réalisés à l'aide de vis de 3 × 10 afin d'éviter toute liaison autant malencontreuse que dangereuse. Le lettrage des touches D6 s'effectue à l'aide de lettres à transfert direct que vous recouvrirez d'un carré de ruban adhésif. Cela tient très bien et en plus c'est assez joli. Le contraste des afficheurs sera grandement amélioré par le collage d'un rodoid rouge (pas trop de colle S.V.P. !). Nous n'avons pas prévu de boîtier pour Micro 02 car cela nous semble inutile. Il est, par contre, recommandé de le monter sur une planche ou autre support rigide afin d'éviter tout contact intempestif avec la face antérieure.
La réalisation proprement dite de Micro 02 est terminée et vous avez pu constater qu'elle est des plus simples puisqu'elle se résume

Figures 10 et 12. Le circuit B (bloc alimentation) et l'implantation des composants de la carte.



à la soudure des composants. Nous vous invitons à présent à entamer les essais et vous conseillons vivement de suivre nos indications sans brûler les étapes, les circuits intégrés vous en sauront gré !

Essais et mise en service

Avant d'examiner la procédure de mise en service de Micro 02, il est bon de préciser comment vous pouvez vous procurer le moniteur qui en assure le fonctionnement. Le logiciel peut vous être délivré sous deux formes :

1) Si vous possédez le matériel indispensable, l'auteur peut vous fournir une photocopie du listing source du moniteur moyennant les frais de reproduction et d'expédition.

2) L'auteur peut également programmer vos 2532, les vérifier et vous les ré-expédier contre une participation (minime) aux frais que cela implique.

Dans les deux cas, et comme nous l'avions fait pour le Microtimer, il vous suffit d'adresser votre demande (sans EPROM) à la revue à notre attention accompagnée d'une enveloppe self-adressée et nous vous ferons parvenir les conditions d'obtention du logiciel par retour de courrier. Enfin, et pour clore ce chapitre, nous tenons à signaler que le moniteur de Micro 02 est notre propriété intellectuelle et qu'il ne saurait être copié ou exploité commercialement sans notre autorisation. Cette mise au point s'impose d'autant plus qu'à l'époque actuelle le piratage des softs est devenue monnaie courante à tel point qu'on va finir par ne plus trouver de programmes performants, leurs auteurs ne pouvant trouver une juste rémunération de leurs efforts. Notre accès de colère étant passé, examinons à présent la procédure de mise en service de Micro 02.

Les essais débuteront par le contrôle du bloc d'alimentation, lequel ne doit pas être relié à la carte pour l'instant. De même, ôtez tous les circuits intégrés de leurs supports afin d'éviter toute catastrophe ! Branchez un voltmètre entre + 5 V et la masse et mettez le bloc d'alimentation sous tension : vous devez lire 5 volts à 5% près. Si ce n'est pas le cas, mesurez la tension aux bornes de C14/C15 qui doit être d'environ 14 volts. Toute défaillance à ce niveau ne peut avoir pour origine que la mauvaise orientation d'un composant ou un court-circuit entre le radiateur et les broches de IC21.

Mettez en place IC22 et contrôlez à l'oscillo que vous obtenez en SC un signal carré d'une amplitude de 5 Vcc et d'une fréquence variant de 50 à 100 Hz suivant la position de AJ1. Ici encore, le fonctionnement doit être immédiat compte-tenu de la simplicité du montage.

Reliez à présent le bloc d'alimentation à la carte et contrôlez que la tension d'alimentation est toujours présente. Installez IC1 et IC2 sur les supports et contrôlez à l'oscillo que vous obtenez un signal d'une fréquence de 1 MHz sur l'entrée Phi0 de IC4. Mettez en place IC3 et contrôlez au voltmètre que vous obtenez une impulsion négative sur l'entrée $\overline{RST}$ de IC4, IC18, IC19 et IC20 lors de la mise sous tension et à chaque appui sur «RST». Vérifiez également que les entrées «S.O.», «RDY», «$\overline{NMI}$» et «$\overline{IRQ}$» du 6502 sont bien à l'état 1. Montez IC5 et IC6 et contrôlez à l'oscillo en reliant successivement le point SC aux sorties A0 à A15 du 6502 que les mêmes signaux parviennent aux points BA0 à BA15 de tous les circuits qui y sont reliés. Procédez de même avec D0 à D7 après avoir installé IC7 et relié la broche «RW» du 6502 à la masse. Ce contrôle est long mais tout à fait indispensable car toute erreur à ce niveau serait difficile à déceler et provoquerait un fonctionnement pour le moins curieux. Contrôlez enfin à l'ohmètre (hors tension donc) le câblage des circuits des afficheurs et du clavier ainsi que celui du décodeur d'adresses et enfin des PIA et du VIA.

Les essais suivants s'effectuent à l'aide du moniteur mais vous pouvez déjà considérer que la partie est gagnée si vous êtes parvenus à ce point sans encombres. Ce devrait d'ailleurs être le cas si vous n'avez pas commis d'erreurs de câblage car la maquette est strictement conforme aux plans et schémas publiés.

Installez l'EPROM programmée par l'auteur sur le support «ROM3» et montez les circuits IC4, IC16, IC14, IC15, IC8, IC9, IC10 et IC20. Reliez l'entrée de l'oscillo au point «$\overline{IRQ}$» du 6502 et observez que le signal descend à l'état 0 pendant 1 mS toutes les 10 à 20 mS suivant le réglage d'AJ1. En cas d'échec, contrôlez toute la carte car il est inutile d'aller plus loin tant que ce résultat n'est pas obtenu. En effet, l'apparition de cette impulsion signale que l'initialisation du 6502 a bien eu lieu, que la RAM et la ROM remplissent leur office de même que PIA1. Cela fait beaucoup de choses mais c'est bien évidemment essentiel. Montez les derniers circuits sur leurs supports et, si tout va bien, les afficheurs doivent indiquer le message «PRET--» indiquant que Micro 02 est à vos ordres et qu'il fonctionne parfaitement. Les essais de Micro 02 se terminent ici et il ne nous reste plus qu'à tester le fonctionnement du PIA2 et du VIA ce qui sera abordé dans le prochain chapitre qui est consacré à l'étude de la partie software de Micro 02.

ÉTUDE DU MONITEUR

Jusqu'à présent nous n'avons abordé que l'aspect technique de Micro 02 ce qui est dans l'ordre des choses puisqu'il faut bien le monter avant de s'en servir. Il est donc temps d'en examiner le mode d'emploi et les possibilités logicielles.

Mode d'emploi de Micro 02

Tout micro-ordinateur ne valant que par le logiciel sur lequel il repose, nous avons mis au point un moniteur que nous pensons être des plus performants puisque, dans sa version la plus étoffée, il permettra la programmation des EPROMs et l'enregistrement de vos programmes sur cassettes sans oublier toutes les aides qu'il apporte au programmeur. Rien n'a donc été négligé à ce niveau et avant d'entamer la description de chaque commande, nous tenons à signaler que toutes vos suggestions à ce sujet seront les bienvenues.

Les commandes de base de Micro 02 sont au nombre de 10 que nous vous proposons d'étudier à présent (voir encadré).

Commande «Go» :
Cette commande permet le lancement d'un programme préalablement logé en mémoire à partir d'une adresse indiquée. La syntaxe est la suivante :

ACTION :	EFFET :
Appui sur «Go»	Affichage de «---Go»
Entrée adresse	Affichage adresse + «Go»
Appui sur «V»	Validation adresse
Appui sur «Go»	Lancement du programme

Commande «M» :
Cette commande est la plus importante puisqu'elle permet d'examiner le contenu de la mémoire ou de programmer à partir de l'adresse que vous aurez entrée. L'utilisation de cette commande est assez simple :

ACTION :	EFFET :
Appui sur «M»	Affichage de «----MM»
Entrée adresse	Affichage adresse + «MM»
Appui sur «V»	Affichage adresse + donnée
Appui sur «Ic»	Affichage adresse + donnée suivante
Appui sur «Dc»	Affichage adresse + donnée précédente
Nouvel appui sur «V»	Idem appui sur «Ic»
Appui sur «0..F»	Entrée donnée (1er digit)
Appui sur «0..F»	Entrée donnée (2e digit)
Appui sur «V»	Validation donnée (*)
Appui sur «H»	Sortie de la commande «M»

**après l'appui sur «V», on obtient l'affichage de l'adresse suivante et de son contenu.*

Commande «H» :
L'appui sur cette touche sous contrôle du moniteur permet de provoquer l'arrêt de la commande sans altérer la mémoire et le pointeur de pile est restauré. Cette touche est, par contre, inefficace pendant le déroulement d'un programme. La solution est alors de presser «Rst».

Commande «R» :
L'appui sur cette touche permet de visualiser l'état de tous les registres du 6502 lorsque le programme tombe sur un point d'arrêt (instruction «BRK»).

ACTION :	EFFET :
Fin de programme sur un «BRK» en $0320 (par exemple)	Affichage «Br-- --»
Appui sur «R»	Affichage «0321 PC» (contenu de PC)
Appui sur «R»	Affichage «ACC = 13'h» (contenu de A)
Appui sur «R»	Affichage «Xr = 00» (contenu de X)
Appui sur «R»	Affichage «Yr = 00» (contenu de Y)
Appui sur «R»	Affichage «PiLE FF» (état du pointeur de pile)
Appui sur «R»	Affichage «EtAt 33» (contenu du registre d'état)
Appui sur «R»	Affichage «F013 ir» (adresse de la routine d'interruptions)
Appui sur «R»	Affichage «PrET--» et retour

N.B.: L'appui sur la touche «Dc» permet de revenir en arrière à l'affichage du registre précédent sauf pour «PC» évidemment.

Commande «Cm» :
Cette commande permet de «vider» une portion de la RAM en y plaçant la valeur «00».

ACTION :	EFFET :
Appui sur «Cm»	Affichage «----CM»
Entrée adresse de départ	Affichage adresse + «Cm»
Appui sur «V»	Validation adresse et affichage de «----CM»
Entrée adresse d'arrivée	Affichage adresse + «Cm»
Appui sur «V»	Validation adresse et affichage
Appui sur «Cm»	Vidage mémoire et retour

Commande «Of» :
Permet de calculer la valeur de déplacement lors des instructions de branchement (BNE, BCC, etc.). Cette commande est très pratique car le calcul n'est pas du tout évident à faire à la main. Toute erreur de branchement est détectée et signalée.

ACTION :	EFFET :
Appui sur «Of»	Affichage «----oF»
Entrée adresse actuelle	Affichage adresse
Appui sur «V»	Affichage «----oF»
Entrée adresse de destination	Affichage adresse
Appui sur «V»	Affichage «oFS= 12» (valeur arbitraire)
Appui sur «V»	Retour

PROFITEZ DU SERVICE LECTEUR GRATUIT

Vous avez remarqué dans ce numéro de *Micro et Robots* un produit, dans une publicité, une notule ou un article et vous aimeriez avoir plus de renseignements à son sujet. Pour cela, il vous suffit de relever le numéro de référence de ce produit, d'entourer sur une des cartes ci-contre le numéro correspondant.

Secteur d'activité :	
Recherche :	0
Enseignement :	1
Informatique-Microinformatique:	2
Electronique-Electrotechnique-Automatique-Robotique	3
SSCI - OEM	4
Aéronautique :	5
Fabrication d'équipements ménagers :	6
Profession libérale :	7
Maintenance :	8
Autre secteur :	9
Fonction :	
Direction :	0
Cadre :	1
Ingénieur :	2
Technicien :	3
Employé :	4
Etudiant :	5
Divers :	6

Micro et Robots
LE MAGAZINE DE LA MACHINE INTELLIGENTE

carte service lecteur

Pour être rapidement informé sur nos publicités et «nouveaux produits», remplissez cette carte (en capitales).

Nom : Prénom :

Voici mon adresse* : Personnelle ☐ Professionnelle ☐ *Cochez la case utile

Code postal : Ville :

Pays : Secteur d'activité : Fonction :

Société : Tél. :

REDACTION

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

PUBLICITE

101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125
126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175
176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200

Attention : cette carte n'est valable que pour ce numéro : M & R 16

Micro et Robots
LE MAGAZINE DE LA MACHINE INTELLIGENTE

carte service lecteur

Pour être rapidement informé sur nos publicités et «nouveaux produits», remplissez cette carte (en capitales).

Nom : Prénom :

Voici mon adresse* : Personnelle ☐ Professionnelle ☐ *Cochez la case utile

Code postal : Ville :

Pays : Secteur d'activité : Fonction :

Société : Tél. :

REDACTION

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

PUBLICITE

101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125
126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175
176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200

Attention : cette carte n'est valable que pour ce numéro : M & R 16

Affranchir ici

Micro et Robots

Service lecteur
S.A.P.
70, rue Compans
75019 Paris

Affranchir ici

Micro et Robots

Service lecteur
S.A.P.
70, rue Compans
75019 Paris

Pour être sûr de ne pas manquer les prochains numéros de

Micro et Robots

le magazine de micro-informatique et de robotique au carrefour des technologies nouvelles

ABONNEZ VOUS !

dès aujourd'hui

Reportez-vous au coupon d'abonnement prévu à cet effet.

Commande «Hx» :
Conversion d'un nombre hexadécimal (sur un octet) en décimal sur trois digits.

ACTION :	EFFET :
Appui sur «Hx»	Affichage «=--»
Entrée octet	Affichage «=d8» (par exemple)
Appui sur «V»	Affichage «216 = d8»
Appui sur «V»	Retour

Commande «Dx» :
Conversion d'un nombre décimal (trois digits) en hexadécimal. Le nombre peut être compris entre 0 et 999.

ACTION :	EFFET :
Appui sur «Dx»	Affichage «---=»
Entrée valeur décimale	Affichage «235 =» (par exemple)
Appui sur «V»	Affichage «235 = Eb»
Appui sur «V»	Retour

Commande «+» :
Permet de calculer la somme de deux nombres hexa sur 16 bits.

ACTION :	EFFET :
Appui sur «+»	Affichage «----PL»
Entrée 1er nombre	Affichage «94C2 PL» (par exemple)
Appui sur «V»	Affichage «----PL»
Entrée 2e nombre	Affichage «30EC PL» (par exemple)
Appui sur «V»	Affichage «C5AE PL» (résultat)
Appui sur «V»	Retour

Commande «−» :
Permet de calculer la différence de deux nombres hexa sur 16 bits.

ACTION :	EFFET :
Appui sur «-»	Affichage «----MS»
Entrée 1er nombre	Affichage «C5AE» (par exemple)
Appui sur «V»	Affichage «----MS»
Entrée 2e nombre	Affichage «94C2» (par exemple)
Appui sur «V»	Affichage «30EC» (résultat)
Appui sur «V»	Retour

Avant de clore cette description des commandes de Micro 02, il reste à préciser que la validation d'une donnée incorrecte conduit à un message d'erreur et que la touche «Ce» permet de corriger la dernière donnée que vous aviez entrée.

Les bonnes adresses de Micro 02

Il n'est pas question ici de décrire le fonctionnement exact de chacune des commandes du moniteur ni d'en fournir le listing-source car cela occuperait à peu près toutes les pages de la revue, mais de vous indiquer les adresses utiles qui vous permettront d'exploiter au mieux les possibilités de Micro 02. Nous décrirons donc succinctement le rôle de chacune des variables et des routines principales du système. Nous débuterons par les variables qui sont peu nombreuses et toutes logées en page zéro :

ADRESSE	SYMBOLE	ROLE
$00/$05	AFFCH1/6	Codes affichage digits 1 à 6 (mémoire d'affichage)
$06	ATTENT	Compteur de délai d'affichage (avec $0007)
$08	COLNNE	Code colonne du clavier
$09	RANGEE	Code rangée du clavier
$0A	TOUCHE	Code de la dernière touche enfoncée
$0B	BLINK	Compteur pour clignotements
$0C/$0D	IRQV	Vecteur routine d'interruptions
$0E/$0F	BREAKV	Vecteur routine BREAK
$10	NOMBRE	Mémoire temporaire pour conversions
$11/$13	DIGIT1/3	Mémoire temporaire pour affichage
$14/$19	NOMBR1/3	Mémoire temporaire pour calculs
$1A/$1b	DELAY	Compteur pour temporisations
$1C/$1D	VECTX1	Vecteur commande X1
$1E/$1F	VECTX2	Vecteur commande X2
$20/$21	VECTX3	Vecteur commande X3
$22/$23	VECTX4	Vecteur commande X4
$24/$25	VECTGO	Vecteur commande GO
$26/$27	DEBMEM	Pointeur début de mémoire
$28/$29	FINMEM	Pointeur fin de mémoire
$2A/$32	SVBRK	Sauvegarde des registres lors d'un «BRK»
$33/$34	DEBPRG	Pointeur début programme
$35/$36	FINPRG	Pointeur fin de programme
$200/$21F	CODAFF	Générateur de caractères en RAM

Il apparaît donc que nous n'avons utilisé que 57 octets de la page zéro ce qui vous en laisse près de 200 pour vos programmes. Les adresses et le rôle des principales routines du système sont les suivantes :

ADRESSE	SYMBOLE	ROLE
$F000	IRQ	Point d'entrée de la routine d'interruptions
$F013	IRQNOR	Routine d'interruptions (vecteur IRQV). Gère le clavier et les afficheurs.
$F188	INIT	Initialisation du système
$F200	GETKEY	Saisie d'un caractère au clavier (code en $0A)
$F231	READY	Affichage du message «PRET--»
$F240	DIGOCT	Conversion d'un nombre sur 2 digits en hexa sur un octet (résultat dans $10)
$F253	OCTDIG	Opération inverse (résultat en $11/$12)
$F267	HEXDEC	Conversion d'un octet vers 3 digits en décimal (résultat en $11/$12/$13)
$F289	DECHEX	Opération inverse (résultat en $10)
$F2B6	SOMM16	Somme hexa sur 16 bits (1er nombre en $14/$15, 2e en $16/$17, résultat en $18/$19)
$F2C4	SOUS16	Différence hexa sur 16 bits (idem SOMM16)
$F2D2	INPUT4	Entrée de 4 nombres en hexa
$F301	INPUT3	Entrée de 3 nombres décimaux
$F330	INPUT2	Entrée de 2 nombres en hexa
$F39F	ERREUR	Message d'erreur (clignote 3 fois)
$F3CA	DEPART	Lecture des commandes
$F42A	GORUN	Commande «Go»
$F450	VIDMEM	Commande «Cm»
$F505	CALHEX	Commande «Hx»
$F544	CALDEC	Commande «Dx»
$F57E	CALSOM	Commande «+»
$F5EA	CALDIF	Commande «−»
$F656	CALOFS	Commande «Of»
$F6ED	BREAK	routine «BRK» (affichage registres sur point d'arrêt)
$F7E4	MEMOIR	Commande «M»
$FFFA	NMI	Vecteur de «NMI»
$FFFC	RESET	Vecteur de «RST» (INIT)
$FFFE	INTER	Vecteur d' IRQ (IRQ)

Comme on peut le constater, il n'y a qu'un nombre assez réduit de routines principales ce qui devrait vous simplifier la tache si vous voulez les utiliser dans vos programmes. De plus, le programme du moniteur est extrêmement structuré, parfois même au détriment de l'efficacité, ce qui devrait vous aider à le comprendre parfaitement. Avant d'aborder quelques exemples pratiques d'utilisation de Micro 02, nous vous indiquons ci-après les codes des touches du clavier ainsi que ceux de l'affichage.

Utilisation de Micro 02

Vous voilà, à présent, en possession de tous les éléments qui vont vous permettre d'utiliser au mieux Micro 02. Toutefois, un essai n'avait pas été fait jusqu'à présent car il ne peut être mené à bien sans le mode d'emploi du moniteur, c'est celui du PIA2 et du VIA. Nous allons tout d'abord tester le PIA2 et, pour ce faire, il vous faut entrer le petit programme ci-après :

CODES DU CLAVIER

TOUCHE	CODE	TOUCHE	CODE	TOUCHE	CODE
0	$00	C	$0C	Cm	$18
1	$01	D	$0D	Of	$19
2	$02	E	$0E	Hx	$1A
3	$03	F	$0F	Dx	$1B
4	$04	Ce	$10	+	$1C
5	$05	V	$11	−	$1D
6	$06	Go	$12	=	$1E
7	$07	M	$13	X1	$1F
8	$08	Ic	$14	X2	$20
9	$09	Dc	$15	X3	$21
A	$0A	H	$16	X4	$22
B	$0B	R	$17		

CODES AFFICHAGE

CAR	Port B du PIA								Code PIA	Code car
	7	6	5	4	3	2	1	0		
0	0	0	1	1	1	1	1	1	$3F	$00
1	0	0	0	0	1	0	0	1	$09	$01
2	0	1	0	1	1	1	1	0	$5F	$02
3	0	1	0	1	1	0	1	1	$5B	$03
4	0	1	1	0	1	0	0	1	$69	$04
5	0	1	1	1	0	0	1	1	$73	$05
6	0	1	1	1	0	1	1	1	$77	$06
7	0	0	0	1	1	0	0	1	$19	$07
8	0	1	1	1	1	1	1	1	$7F	$08
9	0	1	1	1	1	0	1	1	$79	$09
A	0	1	1	1	1	1	0	1	$7D	$0A
B	0	1	1	0	0	1	1	1	$67	$0B
C	0	0	1	1	0	1	1	0	$36	$0C
D	0	1	0	0	1	1	1	1	$4F	$0D
E	0	1	1	1	0	1	1	0	$76	$0E
F	0	1	1	1	0	1	0	0	$74	$0F
P	0	1	1	1	1	1	0	0	$7C	$10
r	0	1	0	0	0	1	0	0	$44	$11
t	0	1	1	0	0	1	0	0	$64	$12
o	0	1	0	0	0	1	1	1	$47	$13
−	0	0	0	0	0	0	1	0	$02	$14
M	0	0	1	1	1	1	0	1	$3D	$15
u	0	0	0	0	0	1	1	1	$07	$16
=	0	1	0	0	0	0	1	0	$42	$17
G	0	0	1	1	0	1	1	1	$37	$18
	0	0	0	0	0	0	0	0	$00	$19
L	0	0	1	0	0	1	1	0	$26	$1A
X	0	0	1	0	1	1	0	1	$2D	$1B
Y	0	1	1	0	1	0	1	1	$6B	$1C
i	0	0	0	0	0	0	0	1	$01	$1D
n	0	1	0	0	0	1	0	1	$45	$1E
V	0	0	1	0	1	1	1	1	$2F	$1F

Pour tester PIA2, il vous suffit de lancer le programme par la commande «Go 0300» et, si tout va bien, les sorties du port A et du port B du PIA2 doivent passer alternativement de l'état 1 à l'état 0 toutes les secondes environ. L'essai du VIA est tout aussi simple et il vous faut d'abord entrer en mémoire le court programme suivant :

```
0000                ;DEMO DU PIA No2
0000                IORA        =$6000          ;PIA2 PORT A
0000                CRA         =$6001          ;CONTROLE PORT A
0000                IORB        =$6002          ;PIA2 PORT B
0000                CRB         =$6003          ;CONTROLE PORT B
0000                TEMPO2      =$F224          ;ROUTINE DE TEMPORISATION
0000                *           =$0300
0300 A9 00          DEPART      LDA #$00        ;INITIALISATION PIA2
0302 8D 01 60                   STA CRA         ;ACCES A DDRA
0305 8D 03 60                   STA CRB         ;ET A DDRB
0308 A9 FF                      LDA #%11111111  ;PORTS A ET B EN SORTIE
030A 8D 00 60                   STA IORA
030D 8D 02 60                   STA IORB
0310 A9 04                      LDA #%00000100  ;ACCES A
0312 8D 01 60                   STA CRA         ;ORA
0315 8D 03 60                   STA CRB         ;ET ORB
0318 A9 FF          RECOM       LDA #%11111111  ;SORTIES A «1»
031A 8D 00 60                   STA IORA        ;SUR PORT A
031D 8D 02 60                   STA IORB        ;ET SUR PORT B
0320 A9 FF                      LDA #$FF        ;TEMPO DE 0,8 S
0322 20 24 F2                   JSR TEMPO 2
0325 A9 00                      LDA #$00        ;SORTIES A «0»
0327 8D 00 60                   STA IORA        ;SUR PORT A
032A 8D 02 60                   STA IORB        ;ET SUR PORT B
032D A9 FF                      LDA #$FF        ;TEMPO DE 0,8 S
032F 20 24 F2                   JSR TEMPO 2
0332 4C 18 03                   JMP RECOM       ;RECOMMENCE
```

```
0000                ;DEMO DU VIA
0000                IORA        =$800F          ;VIA PORT A
0000                DDRA        =$8003          ;CONTROLE PORT A
0000                IORB        =$8000          ;VIA PORT B
0000                DDRB        =$8002          ;CONTROLE PORT B
0000                TEMPO2      =$F224          ;ROUTINE DE TEMPORISATION
0000                *           =$0300
0300 A9 FF          DEPART      LDA #%11111111  ;PORTS A ET B EN SORTIE
0302 8D 03 80                   STA DDRA
0305 8D 02 80                   STA DDRB
0308 A9 FF          RECOM       LDA #%11111111  ;SORTIES A «1»
030A 8D 0F 80                   STA IORA        ;SUR PORT A
030D 8D 00 80                   STA IORB        ;ET SUR PORT B
0310 20 24 F2                   JSR TEMPO2      ;TEMPO DE 0,8 S
0313 A9 00                      LDA #$00        ;SORTIES A «0»
0315 8D 0F 80                   STA IORA        ;SUR PORT A
0318 8D 00 80                   STA IORB        ;ET SUR PORT B
031B A9 FF                      LDA #$FF        ;TEMPO DE 0,8 S
031D 20 24 F2                   JSR TEMPO2
0320 4C 08 03                   JMP RECOM       ;RECOMMENCE
```

Comme précédemment, lancez le programme par une commande «Go 0300» et observez que les sorties des ports A et B du VIA passent elles aussi alternativement de 1 à 0 au rythme d'environ 1 seconde. Un point mérite d'être signalé, c'est la concision de ce dernier programme par rapport au précédent. Il est ici évident que le VIA est beaucoup plus simple à programmer que le PIA puisque le programme occupe 18 octets de moins.

Il ne nous reste plus, à présent, qu'à voir quelques exemples typiques d'utilisation de Micro 02 lesquels vous permettront de vous familiariser avec ce dernier.

Détournement de la routine d'interruptions

Il est parfois utile de dériver la routine d'interruptions afin de scruter un périphérique quelconque. Dans l'exemple qui va suivre, il est possible de lire et d'afficher l'état du port A du VIA au rythme des interruptions. Il est important de noter que la nouvelle routine d'interruptions doit toujours se terminer par un JUMP vers la routine principale ($F013 sur Micro 02) car, dans le cas contraire, on aboutit à un «plantage» assuré du programme.

Le programme se lance par la commande «Go 0300» et les deux afficheurs de droite indiquent le code hexa du port A du VIA. Ainsi, si les entrées PA0/PA3 sont à 1 et les autres à 0, vous devez lire le code «0F».

Modification du générateur de caractères

Le générateur de caractères de Micro 02 est en RAM et c'est là son moindre défaut ! Les codes standards sont logés à partir de $0200 suivant les indications du tableau des codes-affichage qui

```
0000                    DEMO IRQ
0000                    AFFCH5      =$04          ;AFFICHEUR NO 5
0000                    AFFCH6      =$05          ;AFFICHEUR NO 6
0000                    IRQV        =$0C          ;VECTEUR D'IRQ
0000                    NOMBRE      =$10          ;SAUVEGARDE CODE
0000                    DIGIT1      =$11          ;DIGIT TEMPORAIRE
0000                    DIGIT2      =$12          ;' '      ' '
0000                    DDRA        =$8003        ;DIRECTION PORT A
0000                    IORA        =$800F        ;REGISTRE PORT A
0000                    IRQNOR      =$F013        ;ROUTINE D'IRQ
0000                    OCTDIG      =$F253        ;CONVERSION 2 DIGITS
0000                                * =$0300
0300 20 11 03           DEPART      JSR DERIVE    ;DETOURNE IRQV
0303 20 53 F2           RECOM       JSR OCTDIG    ;CONVERSION OCTET
0306 A5 11                          LDA DIGIT1    ;SUR LES DEUX
0308 85 04                          STA AFFCH5    ;AFFICHEURS
030A A5 12                          LDA DIGIT2    ;DE DROITE
030C 85 05                          STA AFFCH6
030E 4C 03 03                       JMP RECOM     ;RECOMMENCE
0311                    ;DETOURNE IRQ, INITIALISE VIA
0311 78                 DERIVE      SEI           ;INHIBE IRQ
0312 A9 00                          LDA #$00      ;PORT B DU VIA
0314 8D 03 80                       STA DDRA      ;EN ENTREE
0317 A9 03                          LDA #>LITVIA  ;DETOURNE IRQV
0319 85 0D                          STA IRQV+1    ;VERS NOUVELLE
031B A9 21                          LDA #<LITVIA  ;ROUTINE
031D 85 0C                          STA IRQV      ;D'INTERRUPTIONS
031F 58                             CLI           ;AUTORISE IRQ
0320 60                             RTS
0321                    ;LIT LE PORT A DU VIA
0321 AD 0F 80           LITVIA      LDA IORA      ;LIT LA DONNEE
0324 84 10                          STA NOMBRE    ;PREPARE CODAGE
0326 4C 13 F0                       JMP IRQNOR    ;ROUTINE D'IRQ
```

```
0000                    ;DEMO AFF
0000                    AFFCH1 =$00
0000                    CODAFF = $200
0000                    GETKEY =$F200
0000                    DEPART =$F3CA
0000                                * =$0300
0300 A9 6D              ENTREE      LDA #%01101101    ;CODE DE «H»
0302 8D 1E 02                       STA CODAFF+$1E    ;SAUVE LE CODE
0305 A9 1E                          LDA #$1E          ;CODE ECRAN DE «H»
0307 85 00                          STA AFFCH1        ;AFFICHAGE DE «H»
0309 20 00 F2                       JSR GETKEY        ;ATTEND FRAPPE CLAVIER
030C 4C CA F3                       JMP DEPART        ;PREND AUTRE COMMANDE
```

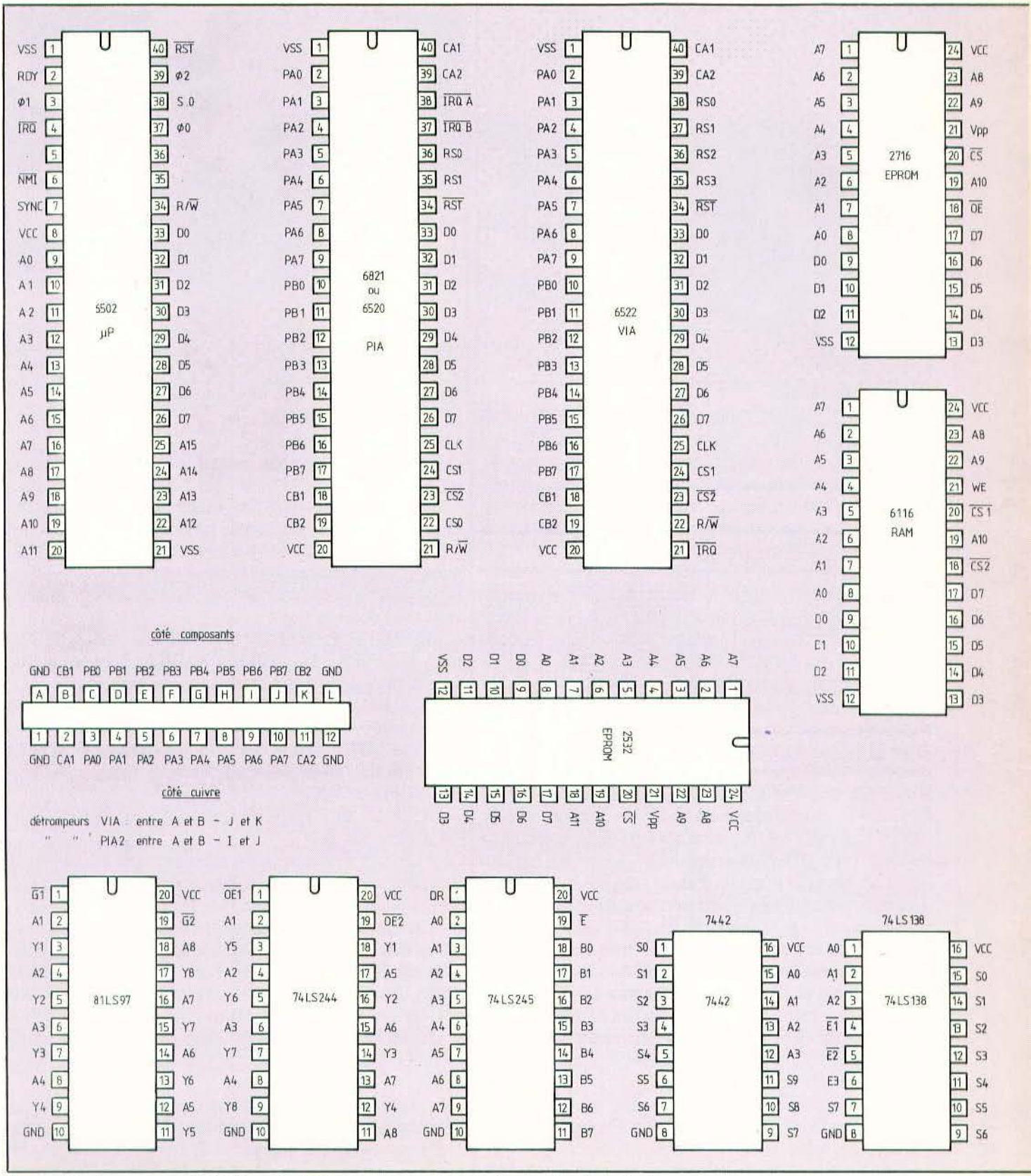
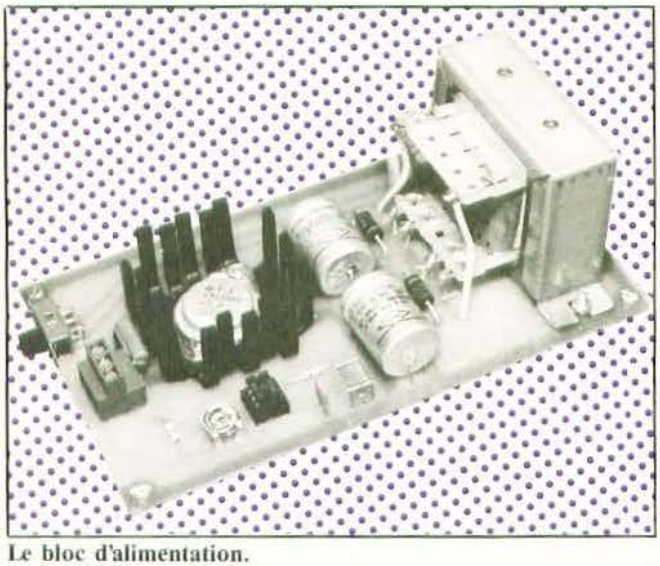
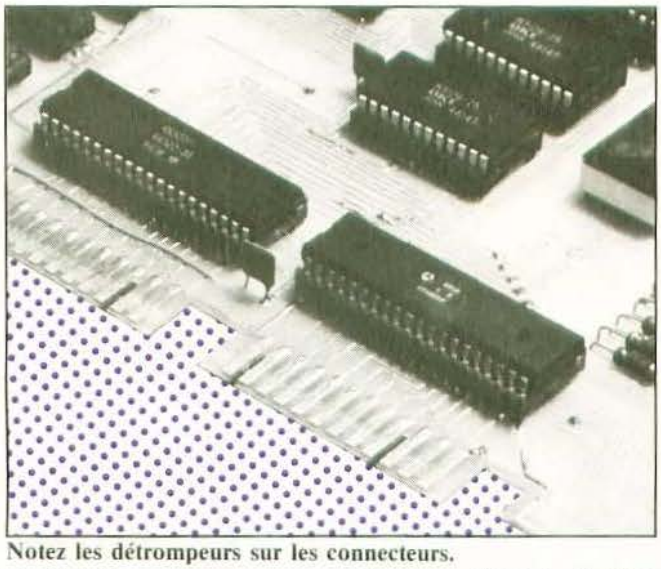


Figure 13. Connecteurs du PIA2 et du VIA et brochage des principaux circuits intégrés.



Le bloc d'alimentation.



Notez les détrompeurs sur les connecteurs.

a précédé. Il est possible d'ajouter d'autres codes comme le montre l'exemple suivant où nous fabriquerons un «H» qui s'affichera sur le premier digit en attendant que l'on appuie sur une touche. Comme les précédents, ce programme est appelé par une commande «Go 0300».

Touches de fonctions

Il est possible de programmer les touches de fonctions en modifiant leur vecteur. Ainsi, si l'on désire que l'appui sur la touche «X1» ait le même effet que l'appui sur «Cm», il suffit de modifier la valeur des octets $1C et $1D comme suit :
$1C : B9 (vecteur commande «Cm» = $F8B9)
$1D : F8

Bus d'extensions

Il n'y a pas sur Micro 02 de connecteur spécifique pour le bus du 6502. Des points de sortie ont, par contre, été prévus pour tous les signaux du bus de commande ainsi que la sortie S2 du décodeur. Les bus d'adresses et de données peuvent être très facilement accessibles en se servant d'un des supports de ROM libres comme connecteur. Il serait également envisageable de câbler une prise quelconque en-dessous du circuit à l'aide d'un câble plat.
La description de Micro 02 touche à sa fin et il ne nous reste plus qu'à vous prodiguer quelques conseils qui vous permettront, nous l'espérons, de vous sortir de la plupart des pièges :
— Rédigez vos programmes en vous inspirant de la présentation que nous avons adoptée pour les quelques exemples ci-dessus. La syntaxe employée est en effet standardisée et tous les programmeurs sur 6502 la comprennent.
— Préparez soigneusement vos algorithmes avant de rédiger votre programme, cela évitera bon nombre d'erreurs difficiles à trouver par la suite.
— Testez un long programme module par module à l'aide de la commande «BREAK» en émaillant votre programme de «BRK» (code $00) que vous pourrez remplacer par «NOP» (code $EA) dans la phase définitive.
— Commentez vos programmes au maximum cela facilite la maintenance.
— Structurez vos programmes autant que faire ce peut en employant un maximum de sous-programmes et en évitant, si possible, les sauts inconditionnels («JMP»). Ceci est vrai d'ailleurs pour tout langage informatique.
Enfin, sachez qu'il existe d'excellents livres sur le 6502 parmi lesquels nous pouvons citer :
— 6502 PROGRAMMATION EN LANGAGE ASSEMBLEUR par L.A. LEVENTHAL (Éditions RADIO) qui est en quelque sorte la Bible du programmeur quoiqu'assez ardu.
— PROGRAMMATION DU 6502 par R. ZACKS (Éditions SYBEX) d'un accès plus aisé.
— APPLICATIONS DU 6502 par R. ZACKS (Éditions SYBEX) qui est une suite du précédent avec quelques exemples d'utilisation des PIA et VIA.
— L'ASSEMBLEUR FACILE DU 6502/6510 par M. MONTEIL pas si facile que ça !
Cette liste n'est évidemment pas limitative, mais l'un au moins de ces livres est à posséder absolument si vous voulez connaître le 6502 sur le bout des ongles.
Il y a évidemment encore beaucoup d'astuces à connaître pour utiliser efficacement Micro 02 mais la place nous manque pour les décrire toutes. De toute manière cela est sans importance car vous les découvrirez par vous-mêmes en utilisant l'appareil. Nous espérons que la réalisation de Micro 02 intéressera nombre d'entre vous car il s'agit là d'un micro-ordinateur vraiment pas comme les autres et ce d'autant plus que vous l'aurez construit vous-mêmes !
Nous clôturons ici cet article en espérant qu'il ne vous aura pas paru trop long ni ennuyeux et restons à votre disposition pour toute question d'ordre pratique ou théorique. ■

Ph. Wallaert

BIBLIOGRAPHIE

SYSTÈMES INDUSTRIELS D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Si, en général, on a entendu parler séparément de systèmes industriels (robotismes, automatismes...) et d'intelligence artificielle, on a rarement eu l'occasion de parler de l'association de ces deux disciplines. C'est en partant de ce constat que l'auteur a voulu écrire un livre devant permettre à des ingénieurs «maison» de saisir les applications exploitables, dans l'industrie, de l'intelligence artificielle. Après une première lecture, on peut dire deux choses de cet ouvrage. Premièrement, on a là un livre remarquablement complet et bien documenté qui sait faire passer avec force et conviction les concepts sur lesquels il repose. Deuxièmement, on peut malheureusement remarquer qu'il est, aussi, confus et qu'il oblige son lecteur à une attention soutenue sous peine de décrochage immanquable quelques pages plus loin. Ce petit point un peu gênant est dû à une structuration de l'ouvrage un peu floue et à un manque de rigueur et de concision dans le langage employé. Mais cela dit, une deuxième lecture permet d'assimiler au mieux la masse considérable de connaissances que contient cet ouvrage qui a l'originalité d'aborder un sujet souvent délaissé aussi bien par l'industrie que par l'université : l'apport de l'intelligence artificielle (ou plutôt d'une certaine forme de celle-ci) à l'industrie et à ses moyens de production. Tout y est, presque rien n'est laissé dans l'ombre et il s'agit là sans nul doute d'un livre de haut niveau qui aurait cependant gagné à une formulation plus claire par endroit. Mais après tout, on a affaire, ici, à un outil de décision et non à un roman et de ce point de vue, on peut dire qu'il atteint parfaitement son but.

Service lecteur : cerclez 201

LA SYNTHÈSE D'IMAGE

Avec le développement vertigineux des mémoires (des boîtiers d'un megabit sont déjà annoncés) et de la puissance de calcul des microprocesseurs, on peut aujourd'hui concevoir des systèmes graphiques d'une très haute complexité et possédant des attributs qui laissent rêveur : résolution de 1024 × 1024 points, 16 millions de couleurs, débits approchant les 100 MHz... Tout cela est formidable mais hélas ne sert à rien si l'on ne l'utilise que pour visualiser du texte alors que l'image devient le vecteur privilégié de la communication. La synthèse d'image par ordinateur est donc une discipline en plein essor qui voit s'ouvrir de nouvelles possibilités chaque jour, ou presque, chaque fois qu'un constructeur met un nouveau boîtier ou un nouveau périphérique sur le marché. Avant de pouvoir écrire des logiciels graphiques, il faut néanmoins parfaitement maîtriser la compréhension de la structure de l'image (éclairage, texture, géométrie...) et des opérateurs qui doivent permettre sa manipulation. Ce livre sera certainement très précieux pour le lecteur désirant se lancer dans ce domaine : en effet, après une introduction aux concepts de la synthèse d'image, l'auteur entre dans le vif du sujet avec les problèmes liés à la conception d'un système et à son architecture matérielle et logicielle. On rentre ensuite dans les détails avec la mise en valeur des différents algorithmes et opérateurs permettant de traiter l'image et de travailler avec elle. L'auteur termine enfin par l'étude d'un système interactif de synthèse d'image, Helios, mis au point à l'ENSIMAG de Grenoble. Il est, bien sûr, à peu près impossible de traiter la synthèse d'image en un seul livre mais celui-ci constitue une bonne approche du «graphique» et a surtout l'immense mérite d'être l'un des très rares livres de qualité disponible en français sur ce sujet alors qu'en anglais, ils abondent !

Service lecteur : cerclez 202

INTRODUCTION A LA ROBOTIQUE

Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur la robotique sans jamais savoir où chercher... Comme d'habitude EdiTESTS nous propose ici un livre de haut niveau qui cherche à faire le tour du problème qu'il aborde, même s'il le fait de manière succincte. En l'occurrence, on a droit à deux volumes : le premier est plutôt orienté architecture des systèmes robotisés et il permettra d'avoir une vision plus nette des enjeux que peut représenter le terme *Robotique* pour une entreprise. Le second tome, quant à lui, est plus orienté pratique et aborde les problèmes de communication homme-machine, de programmation, de gestion des différents signaux de commande,... et propose exercices et problèmes. Il est naturellement indispensable de passer tout d'abord par le premier tome qui explique en termes très clairs le concept d'interaction entre un système artificiel et son environnement ainsi que les problèmes liés à sa mise en œuvre rationnelle. On notera au passage le caractère éminemment pluridisciplinaire de la robotique, parfaitement mis en valeur dans cet ouvrage, puisqu'elle fait appel aux mathématiques, à la physique, à l'informatique, à l'électronique, à l'électrotechnique et à l'automatique.

Ce livre se découpe en six chapitres : après une présentation de base des systèmes artificiels, on aborde la modélisation d'un système géométrique articulé avant d'en étudier la modélisation cinématique et sa résolvabilité; le quatrième chapitre consacre une part importante aux systèmes actionneurs et aux sources d'énergie susceptibles d'être employées dans ce domaine; le cinquième chapitre traite, quant à lui, du système sensoriel du robot et de sa reconnaissance de l'environnement (des exemples en robotique médicale sont d'ailleurs fournis); enfin le dernier chapitre étudie le système de commande et les fonctionnalités qu'il devra comprendre (information, décision, action) de façon particulièrement détaillée. On trouvera à la suite de ces six chapitres une série de cinq annexes qui n'ont que peu de rapport avec les quelques pages que l'on trouve en général à la fin d'autres ouvrages. On a en effet ici pas moins de 125 pages d'annexes décrivant cinq études de cas de façon très précise. Qu'il nous suffise de donner les titres de ces annexes pour qu'on juge de leur intérêt : *Systèmes de vision artificielle directe, Dispositifs automatiques de préhension artificielle, Interactions robot/environnement-importance des mesures proximétriques dans l'exécution d'une tâche, Analyse et partage des tâches-application des mécanismes de l'intelligence artificielle à la gestion des plans d'action en robotique, Téléopérations en milieu hostile : mode de commande évolutifs et procédures décisionnelles-cas du milieu marin.* Il n'y a pas à se tromper, il s'agit là d'un livre extraordinaire que l'on peut largement conseiller.

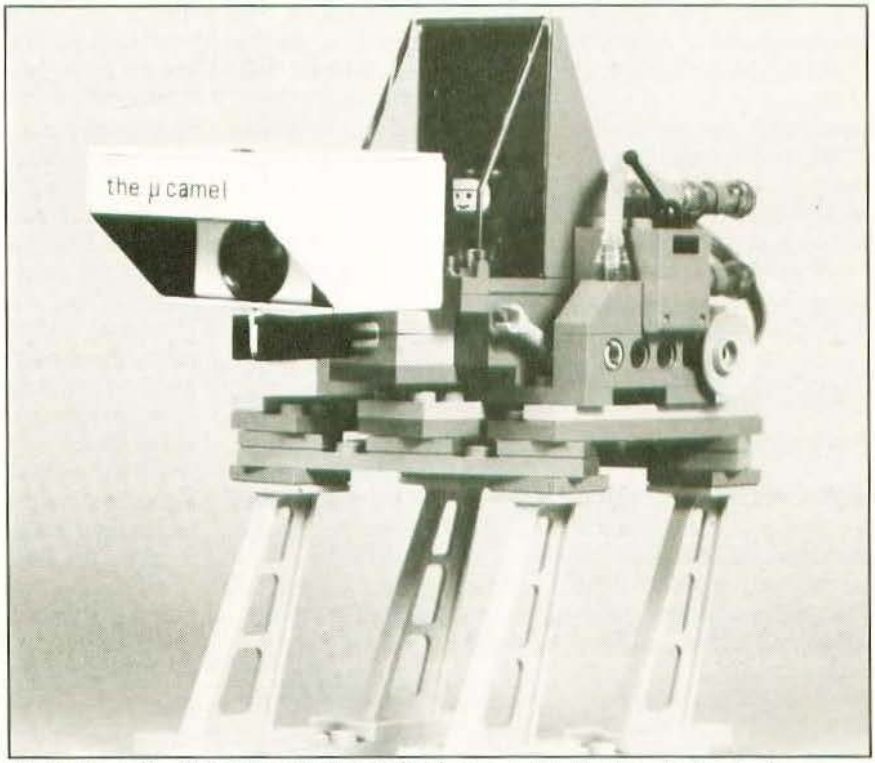
Service lecteur : cerclez 203

CAMERA RUS

A partir d'un capteur 8 points en ligne, réalisez cette petite caméra aux applications innombrables

Non, il ne s'agit pas d'un gadget. Cette caméra, dont nous vous proposons la réalisation, fonctionne réellement. Ce n'est, bien sûr pas, un produit à haute définition mais plutôt une base de départ pour diverses études : reconnaissance de parcours, mesure dimensionnelle, etc. Outil expérimental, en somme, qui permettra de «se faire la main», de donner la vue à des engins autoguidés. Autre «détail» : son prix de revient ne devrait pas dépasser 150 F !!!

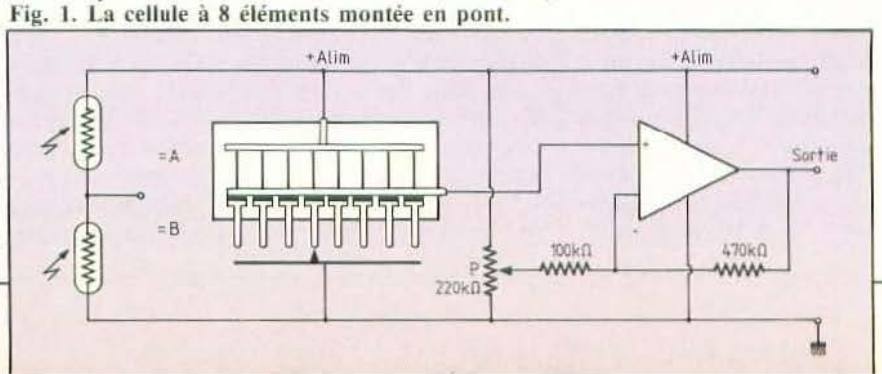
Une caméra de type CCD utilise un capteur que l'on ne peut que difficilement qualifier d'économique. Bien entendu, il possède un très grand nombre d'éléments sensibles, même en configuration linéaire. De ce fait, il offre une définition élevée. La caméra que nous présentons se limite à 8 points, chacun des points donnant toutefois une information analogique. Pourquoi 8 points, tout simplement parce que cela nous a permis de concevoir un photocapteur sur mesure, que l'ont peut explorer séquentiellement à partir d'un multiplexeur économique 8 × 1, CMOS et d'une base de temps interne très simple.



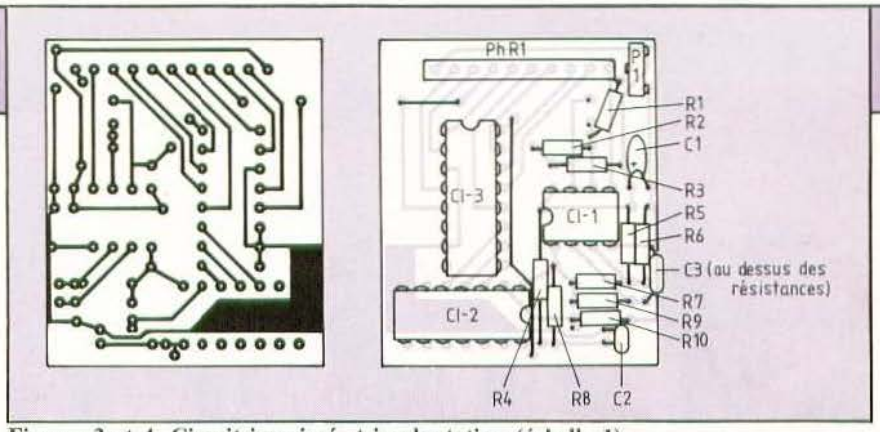
Le capteur

Conçu par l'auteur pour cette application, il permet, comme le montre la figure 1 de réaliser un montage en pont. Le capteur se compose de deux rangées de cellules. Dans la partie inférieure, en B, on trouve 8 cellules (au pas de 1 mm) reliées chacune à une électrode de sortie. Le multiplexeur jouera le rôle du commutateur représenté ici. En haut, 8 cellules plus étroites etplus longues que celle sdu bas sont câblées en parallèle. Elles recueilleront la totalité de la lumière et, mises en parallèle, constitueront une cellule dont la valeur sera celle d'un seul des éléments du bas, aux tolérances de fabrication près. La cellule A va donc capter la lumière ambiante tandis que celles du bas réagiront chacune en fonction de l'intensité ponctuelle d'éclairement. Une telle cellule sera bien entendu montée dans un dispositif optique donnant l'image du sujet visé (dans l'ombre, un élément présente une résistance électrique élevée; à la lumière, cette résistance s'abaisse).

Fig. 1. La cellule à 8 éléments montée en pont.



STICA



Figures 3 et 4. Circuit imprimé et implantation (échelle 1).

La configuration permet d'avoir une résistance variable entre le pôle + de l'alimentation et l'électrode centrale et commune et une autre entre la masse et cette électrode commune. L'électrode centrale est reliée à l'entrée non inverseuse d'un amplificateur opérationnel, l'entrée inverseuse étant connectée à un pont permettant l'ajustement du système en fonction de la symétrie des valeurs des résistances. D'après les mesures que nous avons effectuées, la résistance de l'élément commun, celui de compensation d'éclairement ambiant, est supérieure à celle de chacun des éléments, ce qui entraînera un réglage de P externe à son point milieu. Une cellule B éclairée, donc de faible valeur résistive, donnera une tension de sortie basse.

Réalisation

La figure 2 donne le schéma de principe de la caméra nécessitant 3 circuits intégrés. P1 règle la valeur moyenne de la tension de sortie; R2 peut être diminuée pour réduire le gain ou inversement; R4 assure un filtrage avec la capacité C1. La seconde moitié de l'amplificateur opérationnel sert d'horloge; R5 et R6 déterminent le rapport cyclique, R9 et C3 la fréquence (environ 6 kHz : on pourra utiliser une résistance ajustable pour régler cette fréquence). Le compteur CI2, un 4024, est une suite de bascules donnant sur les sorties 3, 4 et 5 un signal binaire commandant le multiplexeur. Une entrée permet une remise au zéro du compteur pour initialiser les opérations de traitement de l'image. Ce compteur binaire à 7 étages pourra délivrer d'autres informations de synchronisation, la fréquence la plus basse étant donnée par la borne 3 (nous n'avons pas exploité ici toutes les possibilités de synchronisation du circuit). Le circuit CI3 est un multiplexeur qui travaille en commutateur 1 circuit, 8 positions : sa sortie est mise à la masse, ses entrées étant reliées à chacune des résistances (un multiplexeur peut être utilisé dans les deux sens, possibilité que nous exploitons ici).

En partant du schéma de principe, nous avons étudié une implantation (figures 3 et 4) relativement dense : cette caméra pèse moins de 40 grammes et on peut la loger un peu partout, par exemple en extrémité de bras... Nous avons réalisé ce prototype par gravure mécanique, sans machine numérique, donc avec une précision fort modeste mais suffisante. Le transducteur se monte sur un demi-support pour circuit intégré à 10 broches, ou sur une rangée de connecteurs Molex Une équerre de tôle d'acier de 0,6 mm servira de blindage, elle se visse sur le circuit imprimé (écrou soudé au niveau de CI2). Un support de polystyrène de 1 mm coudé à chaud maintient le transducteur en place, ce dernier s'appliquant sur un coussinet de mousse plastique souple.

La tôle sera recouverte, côté circuit imprimé, de Vénilia adhésif servant d'isolant. On fera attention à ce que les connexions des composants ne dépassent pas trop du circuit imprimé. Une fois terminée, la caméra se présente avec la forme d'un L.

Essais

Avant de passer à la réalisation d'un boîtier, dont nous ne donnerons que les traits essentiels, il faut procéder aux essais. L'horloge doit donner des signaux rectangulaires (impulsions négatives) à une fréquence de 6000 Hz environ. Sur la borne 3 de CI2, on trouvera des signaux carrés à 50 Hz environ, sur la 4 à 100 Hz et sur la 5 à 200 Hz. Oscilloscope branché en sortie, on se synchronisera sur la borne 3 de CI2 et on règlera P1 de façon à obser-

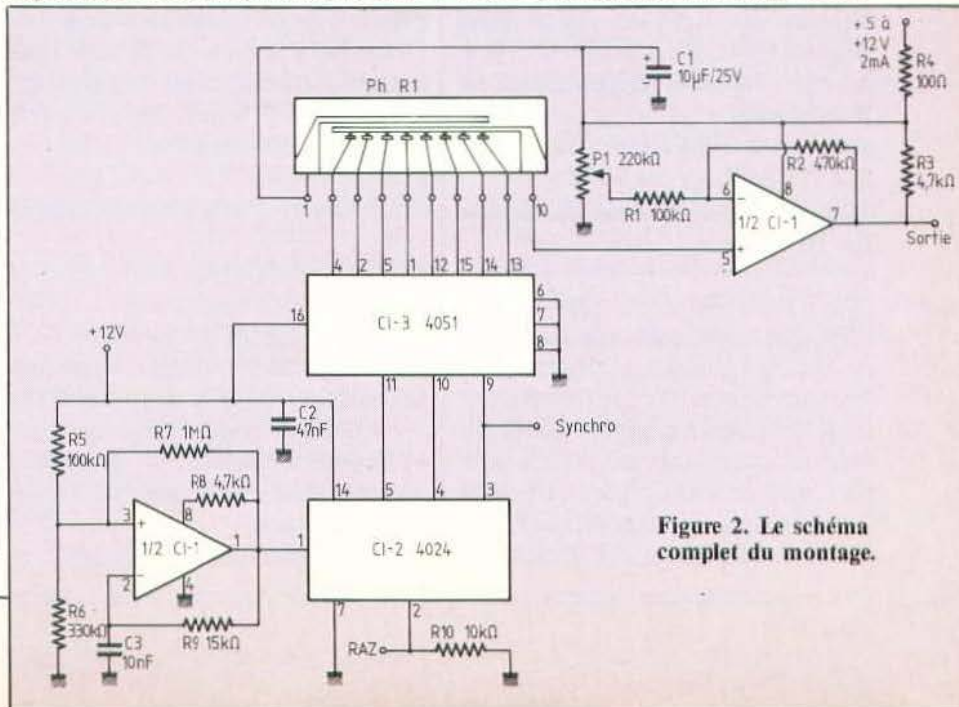


Figure 2. Le schéma complet du montage.

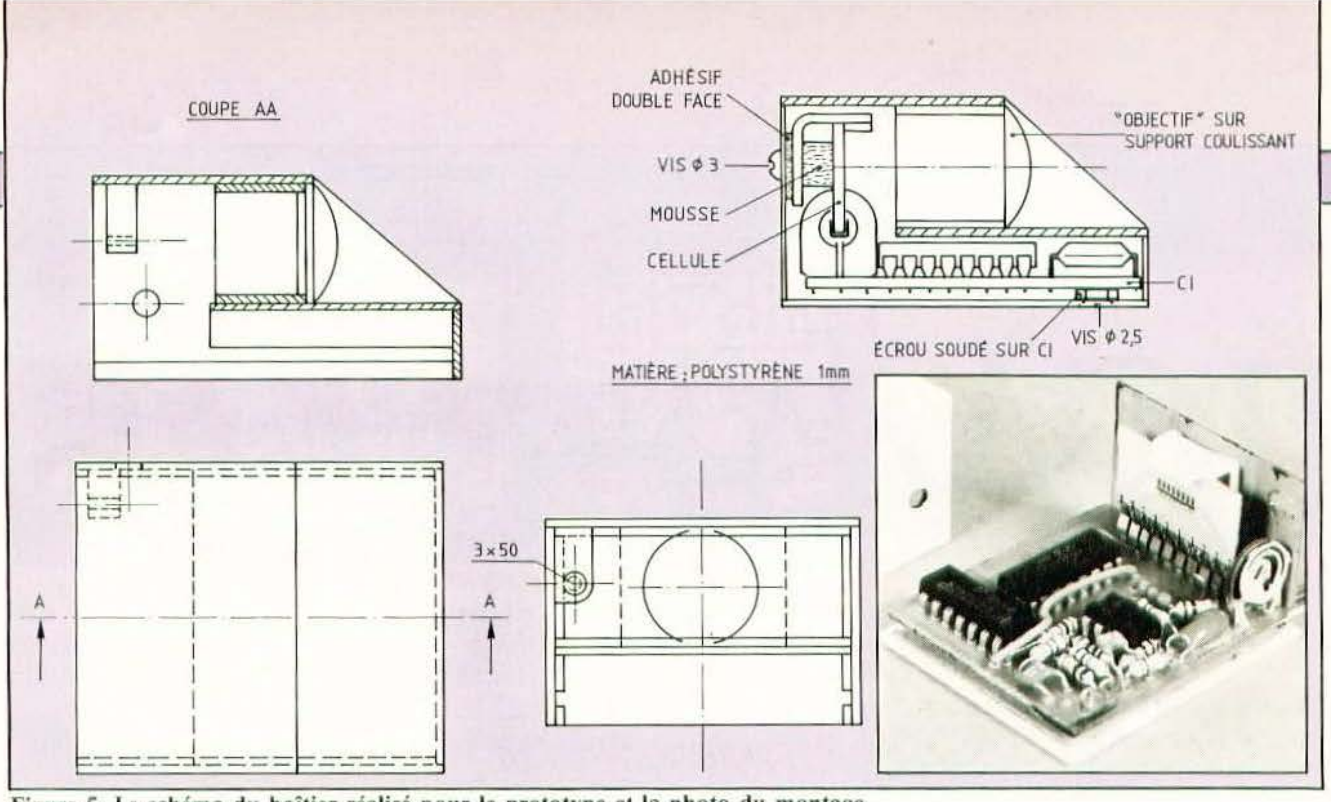


Figure 5. Le schéma du boîtier réalisé pour le prototype et la photo du montage.

ver sur l'écran une ligne horizontale présentant des marches d'escalier... Cette manipulation se fait sans optique, avec un éclairement uniforme de la cellule. Les écarts entre les niveaux de chaque cellule dépendent des tolérances de fabrication, il est possible de réduire ces écarts à l'aide d'encre de chine diluée que l'on dépose délicatement sur les cellules donnant les tensions de sortie les plus basses. Cette opération pourra également être traitée par le logiciel du microprocesseur éventuellement associé à la caméra. Notez que pour remonter la valeur de la résistance, on dépose de l'encre de chine diluée, pour l'abaisser après déposition, on passe un pinceau humide très fin. Cette opération est simple mais elle demande du doigté. S'abstenir de tout dopant, café ou alcool quelques heures avant le début des opérations ! Une fois ce réglage effectué, on pourra modifier la valeur de l'éclairement : on se rendra compte que le niveau de sortie ne bouge pas beaucoup.

Le boîtier

Nous l'avons réalisé en polystyrène de 1 mm d'épaisseur collé à la colle pour maquettes en plastique. La figure 5 donne le schéma de ce boîtier que l'on adaptera selon ses propres exigences. Le circuit imprimé coulisse dans une glissière réalisée à partir de bandes collées. Un trou est ménagé pour le réglage du potentiomètre. L'intérieur du boîtier et les parties autour de l'objectif seront passées à la peinture noir mat (pour maquettes plastique). L'objectif, lentille de petit diamètre, est monté dans un support coulissant où il est collé. Cette lentille sera choisie par vos soins et positionnée en fonction des besoins, avec ou sans focalisation, l'absence de focalisation permettant une mesure de position par exploitation du flou des formes.

Exploitation

La caméra telle que nous la présentons délivre une suite de 8 niveaux synchronisés par une horloge. Le compteur 4024 donne une série de signaux carrés que vous pourrez exploiter par l'intermédiaire de portes (extraction des informations temporelles pour un échantillonnage de l'information à traiter). On prendra pour exemple la vision en faible intensité lumineuse au cours de laquelle les signaux s'accompagnent d'une impulsion parasite négative au moment de la commutation. On fera la mesure un peu après cette impulsion.

La base de temps peut être modifiée et l'horloge interne remplacée par une horloge externe pilotée par un microprocesseur. La caméra délivre des informations analogiques, on devra donc utiliser un convertisseur analogique/numérique placé à l'entrée du microprocesseur. Il travaillera séquentiellement et n'aura pas besoin d'être très rapide.

Un photocapteur conçu pour *Micro et Robots*, une électronique extrêmement simple, voilà de quoi expérimenter un système, modeste, de vision artificielle, un système qui permettra de réaliser des engins autoguidés (suivi d'une piste au sol) d'effectuer de la surveillance, de savoir si une porte est ouverte ou fermée, de contrôler la mise en place d'éléments, etc.

Etienne Lémery

Résistances 1/4 W 5%

R1, 5 : 100 kΩ
R2 : 470 kΩ (modifier suivant gain)
R3,8 : 4,7 kΩ
R4 : 100 Ω
R6 : 330 kΩ
R7 : 1 MΩ
R9 : 15 kΩ (ajuster suivant fréquence)
R10 : 10 kΩ

Condensateurs

C1 : 10 µF/16 V tantale
C2 : 47 nF/16 V céramique miniature
C3 : 10 nF céramique multicouche X75

Divers

P1 : Potentiomètre ajustable carbone ou Cermet 220 kΩ
CI1 : Circuit intégré TAB 2453 A
CI2 : Circuit intégré CD ou HEF 4024 BP
CI3 : Circuit intégré CD ou 4051 BE
PhR1 : Photo-résistance PR 81 E1 (Ségor)

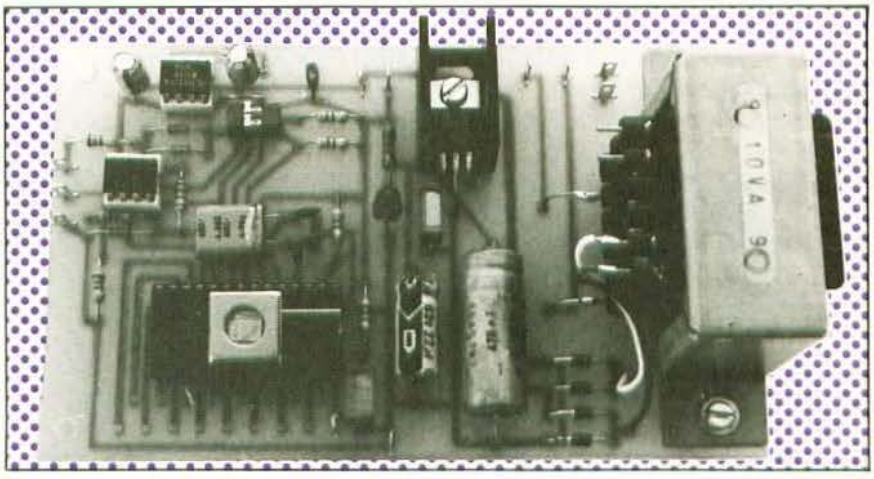
Nomenclature des composants. Ségor Optoélectronique, 7, rue du Commandant Louis Bouchet 94240 L'Haÿ-les-Roses. Tél. 686.14.71. Lentilles : Thevon frères, 108, rue de Rosny 93100 Montreuil.

LE 68705

Réalisez ce petit système de développement à base de 68705

Après avoir vu dans nos précédents numéros tous les éléments nécessaires à la programmation du 68705 (jeu d'instructions, modes d'adressage, fonctions des registres internes), nous allons vous offrir aujourd'hui un moyen de mettre en pratique toutes nos explications. En effet, nous vous proposons de réaliser un mini-système de développement à base de 68705 sur lequel vous pourrez essayer vos programmes, voir le fonctionnement des entrées/sorties et vous familiariser ainsi un peu plus avec ce circuit.

Afin de conserver à ce montage une simplicité maximum, nous avons opté pour un système utilisant un terminal externe. Le modèle décrit dans nos deux précédents numéros convient très bien, mais tout terminal informatique utilisant une liaison série RS 232 et pouvant fonctionner à 300, 1200, 4800 ou 9600 Bauds fera l'affaire.



Généralités

Ceux qui ne sont pas familiarisés avec la terminologie des micro-informaticiens doivent se demander ce que l'on entend par outil ou système de développement. Il faut savoir que l'on appelle comme ça tout système à base de microprocesseur permettant de faire de la mise au point de programmes et (ou) de circuits. Généralement, le système de développement pour le microprocesseur X lui-même est à base de microprocesseur X, mais ce n'est pas une obligation.

Un outil de développement se compose d'un minimum de sous-ensembles :

— Le microprocesseur, bien sûr.

— De la mémoire vive pour placer les programmes que vous voulez essayer.

— Une mémoire morte contenant un programme «moniteur» permettant de lire ou écrire en mémoire, de lire ou écrire dans les registres du microprocesseur ainsi que de lancer l'exécution d'un programme.

— Au moins un circuit d'entrées/sorties pour connecter un organe de dialogue. Cet organe peut être un terminal classique ou un ensemble clavier-afficheurs plus restreint.

— Eventuellement des lignes d'entrées/sorties pour faire des expérimentations de commande de périphériques ou d'interfaçage.

— Eventuellement, aussi, un accès au bus du microprocesseur pour faire des expérimentations relatives à la connexion de divers circuits sur celui-ci.

Grosso modo, un tel système de développement a une architecture analogue à celle de n'importe quel ensemble à base de microprocesseur mis à part le fait que sa ROM contient un programme particulier.

Notre système

Compte tenu de l'intégration dans le 68705 de RAM, de ROM et de lignes d'entrées/sorties, il est possible de réaliser un système de développement complet avec un seul boîtier. Une telle solution est très

économique mais conduit nécessairement à quelques restrictions; en effet, sur le 68705 :

— La taille de la RAM interne est limitée à 128 octets.

— Le bus interne du microprocesseur n'est pas accessible de l'extérieur.

Malgré ces deux contraintes, notre réalisation permet tout de même de nombreuses expérimentations avec le 68705 car, avec un peu d'astuce, l'on peut au moins s'affranchir de la première d'entre elles. Par ailleurs, le prix de revient dérisoire d'un tel montage est un argument qui milite en sa faveur.

Le schéma

Il vous est proposé dans son intégralité figure 1 et peut difficilement être plus simple. Quatre circuits intégrés seulement y sont utilisés : un 68705 bien sûr, qui est le cœur du système; un régulateur de tension intégré pour l'alimentation; un double amplificateur opérationnel pour l'interface série RS 232; un convertisseur de tension statique pour cette même interface.

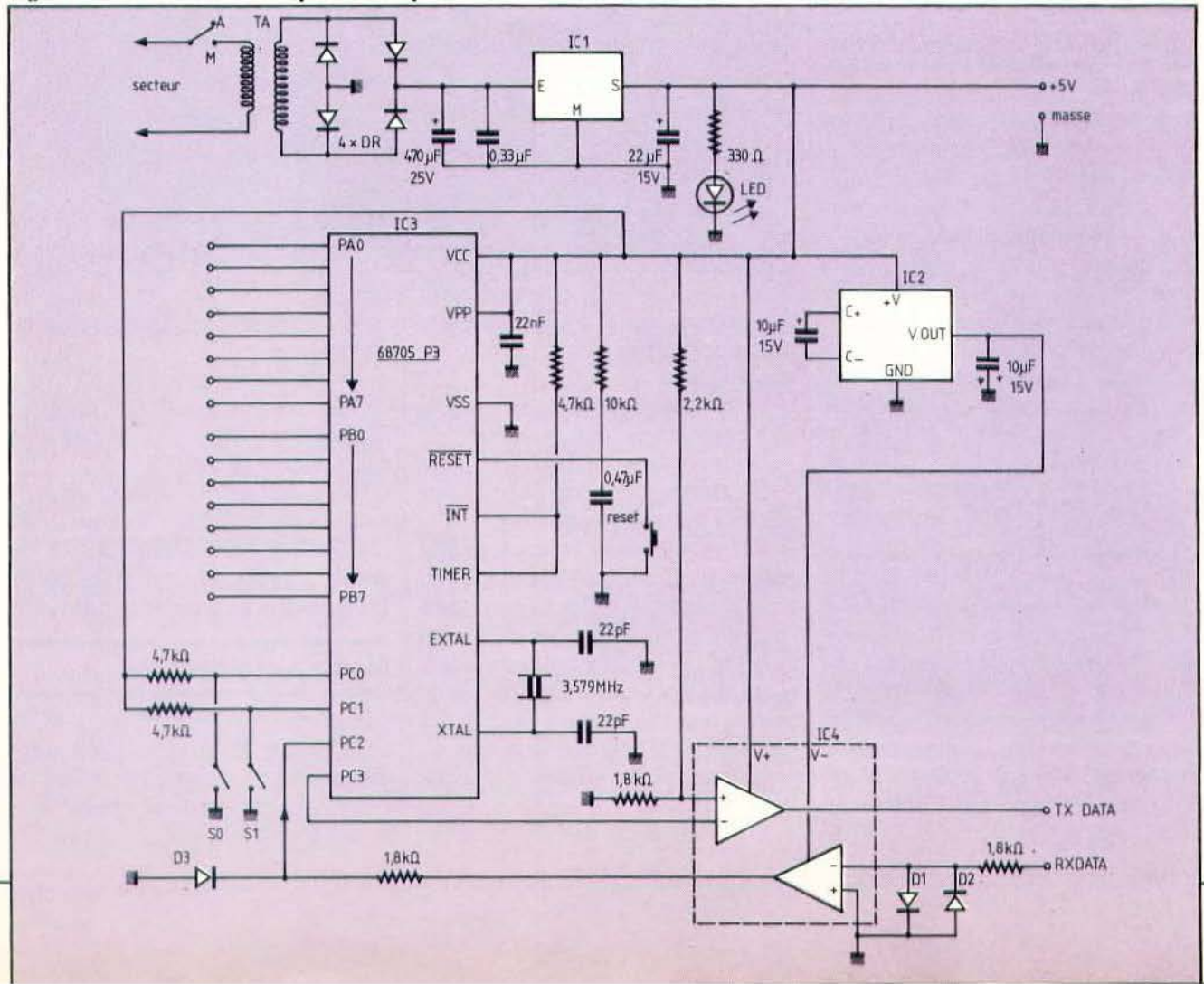
L'alimentation est des plus classiques et fait appel à un transformateur délivrant 9 volts qui, après redressement et filtrage, sont stabilisés à 5 volts par un régulateur classique intégré. Le transformateur choisi est un 10 VA, le régulateur étant monté sur un radiateur suffisant. Il est alors possible de ne consommer que 500 mA environ sur la sortie de cette alimentation, cela permet d'alimenter des extensions ou des périphériques éventuels à connecter au système. La LED rappelle que le système est sous-tension.

Le 68705 est monté de façon très classique. Le mode horloge à quartz a été retenu afin de disposer d'une référence de temps pour générer des vitesses de transmission stables et correctes sur la liaison série. Les entrées INT et TIMER ne sont pas utilisées et elles sont donc ramenées à + 5 volts pour ne pas perturber le circuit.

Les lignes PA0 à PA7 et PB0 à PB7 sont totalement libres de toute liaison et elles sont donc disponibles sur des pastilles de connexion pour vous permettre toutes les expérimentations souhaitables. Le port C, quant à lui, est exploité par la liaison série. Les lignes PC0 et PC1 permettent de choisir la vitesse de transmission au moyen des mini-interrupteurs S0 et S1 tandis que PC2 est l'entrée série et PC3 la sortie.

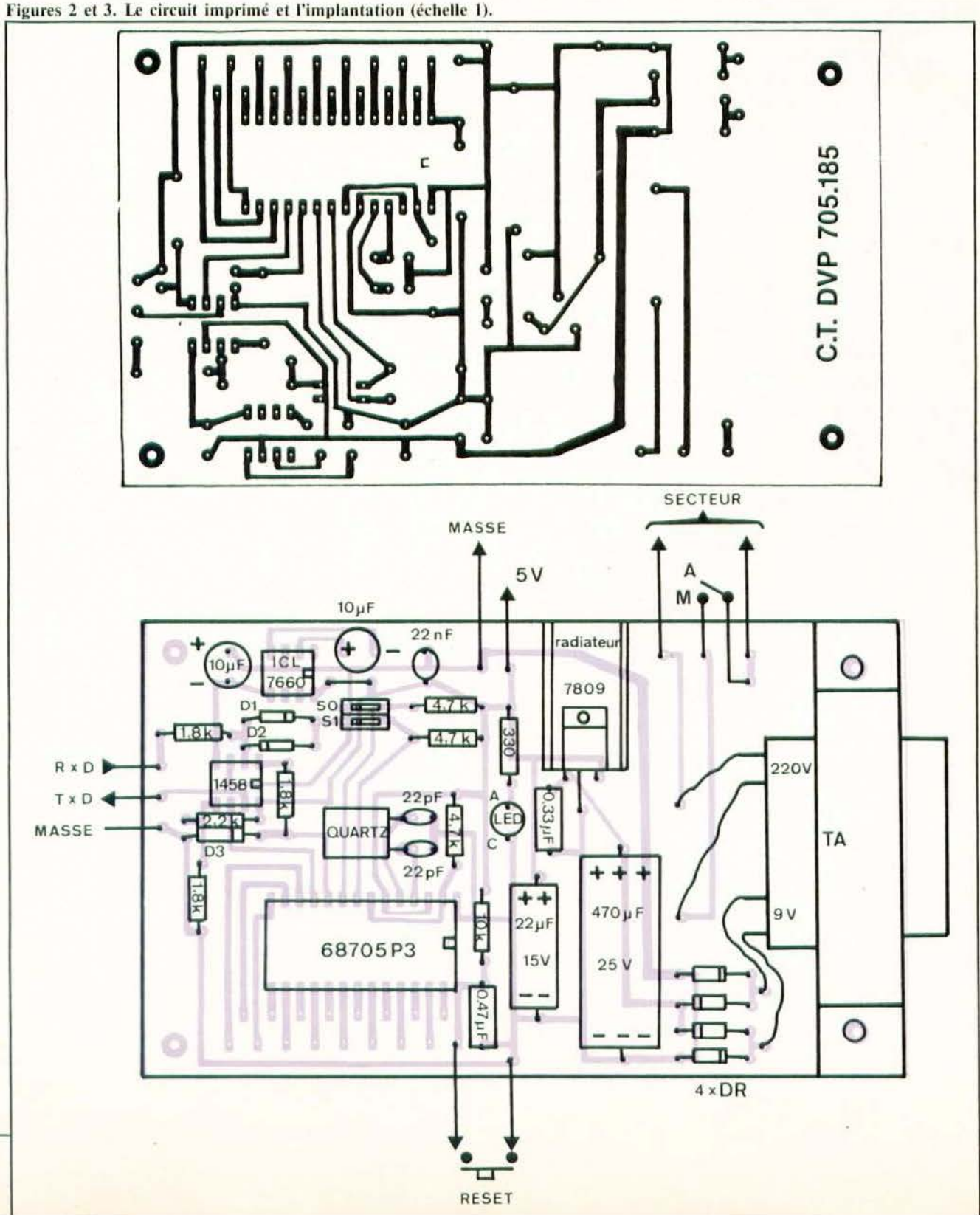
Ces lignes étant au niveau TTL, une conversion aux normes RS 232 est nécessaire. Pour des raisons de simplicité, elle est assurée par un double amplificateur opérationnel. Cette solution ne permet pas de fournir des signaux RS 232 très «énergiques» mais ils conviennent tout de même pour une liaison avec un terminal situé à courte distance : ce qui est suffisant pour cette application. Si vous êtes un fidèle lec-

Figure 1. Le schéma : une simplicité biblique...



teur de *Micro et Robots* vous reconnaîtrez d'ailleurs là, le même système que celui adopté sur le micro-ordinateur Forth de nos numéros 11 et 12.
Les signaux fournis sur la liaison RS 232 devant évoluer de part et d'autre de la masse, une alimentation négative est nécessaire. Comme la consommation sur celle-ci n'est que de quelques mA, un convertisseur statique intégré de chez Intersil, l'ICL 7660, a été utilisé. Ce circuit, dans cette application, est d'une mise en œuvre très simple puisqu'avec seulement deux condensateurs externes, il fournit du − 5 volts à partir du + 5 volts.
Les deux diodes D1 et D2 protègent l'amplificateur des tensions excessives tandis que D3 empêche qu'une tension négative

Figures 2 et 3. Le circuit imprimé et l'implantation (échelle 1).



n'atteigne l'entrée PC2 du 68705, ce qui lui serait fatal...

La réalisation

La nomenclature des composants ne présente pas de difficulté majeure. Veillez seulement à ne pas choisir un transformateur trop gros si vous voulez pouvoir le monter sur le circuit comme le nôtre. La place laissée libre permet de monter sans problème un 10 VA. Attention aux chimiques de l'ICL 7660 (les deux de 10 μF 15 V) qui sont des modèles verticaux.

Les mini-interrupteurs S0 et S1 ne sont pas obligatoires si vous n'envisagez pas de changer souvent de terminal et ils peuvent être remplacés par des straps soudés à demeure.

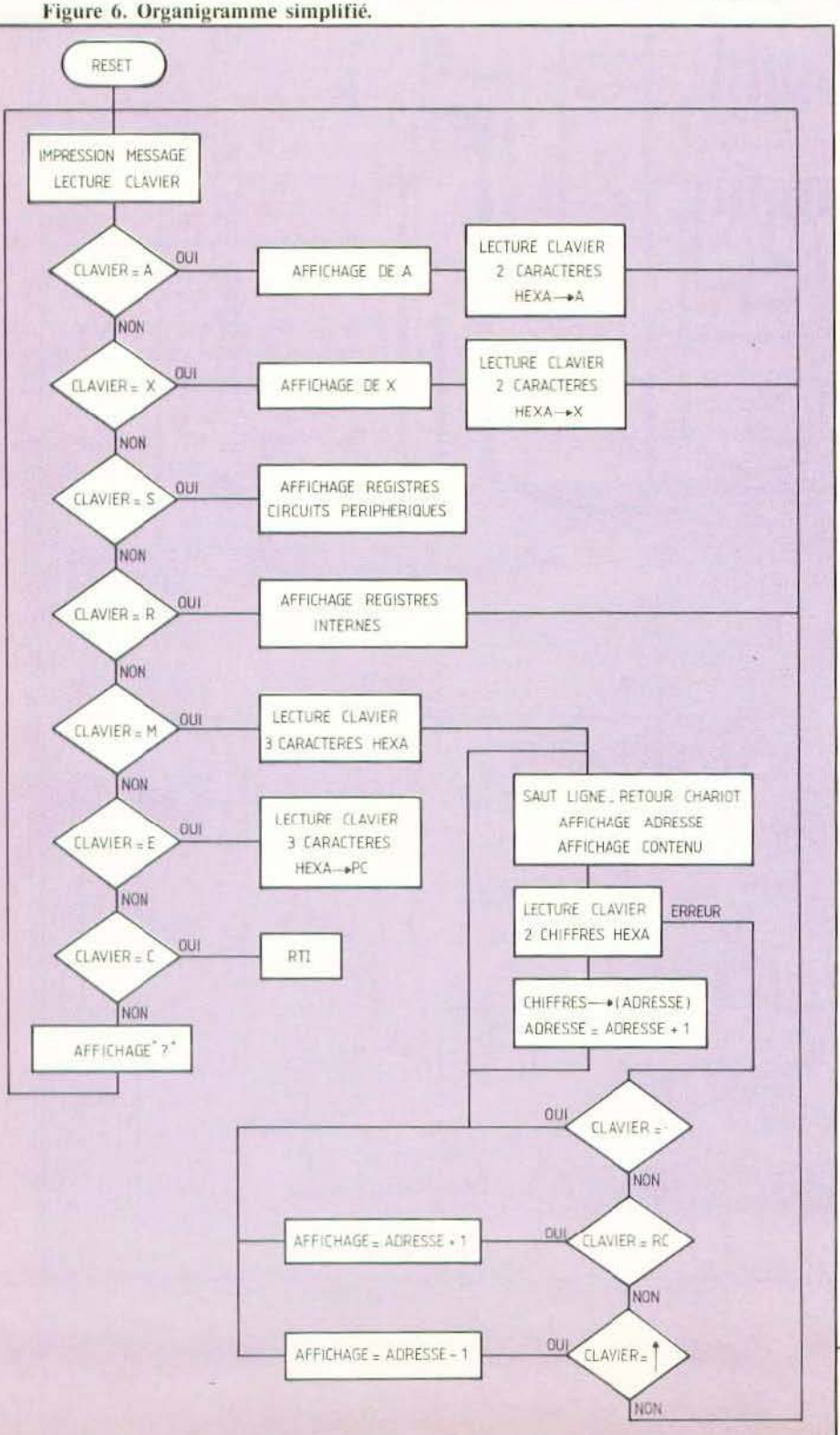
Les supports de circuits intégrés sont recommandés pour l'ampli opérationnel et pour le 68705 car ces deux circuits sont directement exposés au monde extérieur et sont, de ce fait, en première ligne en cas d'erreur de connexion, par exemple. L'utilisation d'un support pour le 68705 permet d'enlever celui-ci lors de l'établissement des connexions sur PA0 à PA7 ou PB0 à PB7 et autorise ainsi les essais du montage sans risque pour le 68705. Si vous prévoyez des extractions fréquentes du circuit, choisissez un support de très bonne qualité (contacts tulipe) car les modèles bas de gamme s'épuisent très vite lors de ce genre de manipulation.

Le 68705 programmé peut être obtenu chez Facim sous la référence «68705 Moniteur» mais il vous est également possible de le programmer ou de le faire programmer car le contenu de sa PROM vous est donné figure 5.

L'implantation des composants vous est proposée figure 3. Elle est à réaliser dans l'ordre classique : supports de CI, résistances, condensateurs diodes et quartz. Remarquez qu'une place suffisante a été prévue au niveau du régulateur intégré pour un radiateur. Un petit modèle en U du commerce ou de fabrication personnelle convient très bien; la taille n'en est pas critique.

Avant de mettre en place le 68705 sur son support, commencez par contrôler le bon fonctionnement de l'alimentation + 5 volts ainsi que celui du convertisseur de tension ICL 7660. Vous devez mesurer − 5 volts à + ou − 5% sur sa patte 5 (Vout). Si tout est correct, mettez en place le 68705 correctement programmé, connectez un terminal au montage et câblez un poussoir de RESET entre la patte RESET et la masse. Sélectionnez la vitesse de transmission en positionnant S0 et S1 comme indiqué sur le tableau de la figure 4 et mettez le montage sous tension. Un message de bienvenue doit alors être affiché sur le terminal et le caractère d'attente de commande (un «>») doit être visible au début de la ligne suivante. Si rien de tout cela n'a lieu, revoyez la notice de votre

Figure 6. Organigramme simplifié.



S0	S1	VITESSE (BAUDS)
F	F	300
F	O	1200
O	F	4800
O	O	9600

Figure 4. Positions de S0 et S1 en fonction de la vitesse de transmission choisie.

terminal, car comme nous l'avons expliqué dans *Micro et Robots* n° 6, lors de la présentation des liaisons série, il se peut que certains signaux de contrôle de la liaison série RS 232 de votre terminal aient besoin d'être mis au niveau haut pour fonctionner.

Le moniteur contenu dans le 68705, utilisé sur ce montage, est fort simple. Il dispose de 7 commandes différentes qui peuvent être frappées lorsqu'il est en attente, c'est-à-dire lorsque le symbole > est visible en début de ligne. Ce symbole s'appelle en américain «le Prompt». Nous allons passer ces commandes en revue afin d'en voir le mode d'emploi et la fonction.

— La commande R :

Elle permet de visualiser le contenu des registres internes du 68705. Le format d'affichage est HINZC AA XX PP où H, I, N, Z et C sont les bits du registre d'état tandis que AA est l'accumulateur, XX l'index et PP le compteur ordinal ou Program Counter. L'affichage des bits du registre d'état s'interprète de la façon suivante : si le nom d'un bit est présent celui-ci est à 1, s'il est remplacé par un point, celui-ci est à 0.

— La commande A :

Elle permet de visualiser et de modifier le contenu de l'accumulateur A. La frappe de A fait afficher le contenu de l'accumulateur; le moniteur attend ensuite deux chiffres hexadécimaux destinés à remplacer celui-ci. Si le contenu de A ne doit pas être modifié, il suffit de frapper n'importe quel caractère non hexadécimal. Prenez l'habitude de frapper toujours le même (un espace par exemple), cela pourra vous éviter des erreurs.

— La commande X :

Cette commande fonctionne exactement comme la commande A mais agit sur l'index X.

— La commande M :

Elle permet de visualiser et (ou) de modifier le contenu de n'importe quelle mémoire du 68705. Le mot mémoire doit être pris au sens large, c'est-à-dire que les registres des circuits d'interfaces peuvent évidemment être manipulés par cette commande.

Pour l'utiliser, frappez M puis une adresse comprise entre 000 et 7FF. Le 68705 va répondre sur la ligne suivante en affichant l'adresse choisie suivie de son contenu; vous disposez alors de cinq possibilités :

— Si vous frappez un point (.) : vous faites ré-examiner la même adresse.

— Si vous frappez le caractère «flèche vers le haut» ou «accent circonflexe» sur certains claviers : vous faites examiner la mémoire d'adresse précédente.

— Si vous frappez un retour chariot : vous faites examiner l'adresse suivante.

— Si vous frappez deux chiffres hexadécimaux : ils sont placés à l'adresse en cours de visualisation et vous passez automatiquement à l'examen de l'adresse suivante.

— Si vous frappez n'importe quel caractère autre que ceux décrits précédemment : le contenu de la mémoire examinée reste inchangée et vous retournez sous le contrôle du moniteur.

Compte tenu de la taille de l'espace adressable du 68705, le fait de vouloir monter au-dessus de l'adresse 7FF fait revenir à 000, de même que le fait de descendre en dessous de 000 fait revenir à 7FF.

— La commande E :

Elle permet de lancer l'exécution d'un programme contenu en mémoire. Après la frappe de E, le moniteur attend une adresse qui doit être celle de la première instruction du programme à exécuter. Pour être complet, précisons que cette commande fonctionne en plaçant l'adresse ainsi spécifiée sur la pile en 07E et 07F puis fait exécuter un RTI au 68705.

— La commande C :

La commande C s'utilise pour faire

Figure 5 : Listing hexadécimal de contenu de la ROM du 68705.

```
      0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  A  B  C  D  E  F
0080 0D 0A 20 41 20 42 20 43 20 54 44 52 20 54 43 52  .. A B C TDR TCR
0090 0D 0A 04 5F D6 00 80 A1 04 27 06 CD 02 9C 5C 20  ..._.....'....ç
00A0 F3 5F D6 00 00 CD 01 F1 CD 02 24 5C A3 03 26 F2  ._........$ç..&.
00B0 CD 02 24 C6 00 08 CD 01 F1 CD 02 24 CD 02 24 C6  ..$........$..$.
00C0 00 09 CD 01 F1 20 4F 48 49 4E 5A 43 C6 00 7B 48  ..... OHINZC..{H
00D0 48 48 C7 00 10 5F A6 2E 38 10 24 03 D6 00 C7 CD  HH..._..8.$.....
00E0 02 9C 5C A3 05 25 EF B1 AE 7C 20 02 AE 7D D6 00  ..ç..%...ù ..ê..
00F0 00 CD 01 F1 CD 02 24 CD 02 2F 25 1A D7 00 00 20  ......$../%.... 
      0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  A  B  C  D  E  F
0100 15 AD C9 CD 02 24 3F 11 A6 7C C7 00 12 CD 01 DC  .....$?..ù......
0110 CD 01 DC CD 01 D4 CD 02 14 A6 3E CD 02 9C CD 02  ..........>.....
0120 62 A4 7F CD 02 24 A1 41 27 BE A1 58 27 BE A1 52  b..$.A'..X'..R
0130 27 CF A1 45 27 16 A1 43 27 23 A1 4D 27 20 A1 53  '..E'..C'#.M' .S
0140 26 03 CC 00 93 A6 3F CD 02 9C 20 CA CD 02 2F 25  &.....?... .../%
0150 C5 97 CD 02 2F 25 BF C7 00 7F CF 00 7E B0 CD 02  ..../%....~...
0160 2F 25 B3 C7 00 11 CD 02 2F 25 AB C7 00 12 CD 02  /%....../%......
0170 14 C6 00 11 A4 1F CD 01 F1 C6 00 12 CD 01 F1 CD  ................
      0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  A  B  C  D  E  F
01B0 02 24 AD 2D CD 01 F1 CD 02 24 CD 02 2F 25 06 AD  .$.-.....$../%..
0190 27 AD 3A 20 D9 A1 2E 27 D5 A1 0D 27 F4 A1 5E 26  '.: ...'...'...^&
01A0 0D 3A 12 C6 00 12 A1 FF 26 C4 3A 11 20 C0 CC 01  .:......&.:. ....
01B0 16 CF 00 15 AE D6 20 05 CF 00 15 AE D7 CF 00 10  ...... .........
01C0 AE B1 CF 00 13 5F CD 00 10 CE 00 15 B1 3C 12 26  ....._.......<.&
01D0 02 3C 11 B1 AD DB A4 1F AD 17 AD F1 AD D3 C7 00  .<..............
01E0 10 44 44 44 44 AD 19 C6 00 10 AD 14 AD DF AD 34  .DDDD..........4
01F0 B1 C7 00 10 44 44 44 44 AD 06 C6 00 10 AD 01 81  ....DDDD........
      0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  A  B  C  D  E  F
0200 C7 00 13 A4 0F AB 30 A1 39 23 02 AB 07 CD 02 9C  ......0.9#......
0210 C6 00 13 81 C7 00 10 A6 0D CD 02 9C A6 0A AD 7C  ..............ù
0220 C6 00 10 81 C7 00 10 A6 20 AD 71 C6 00 10 81 AD  ........ .q.....
0230 11 25 0E 48 48 48 48 C7 00 10 AD 06 25 03 CB 00  .%.HHHH.....%...
0240 10 81 AD 1E A4 7F C7 00 13 A0 30 2B 10 A1 09 23  ..........0+...#
0250 0A A0 07 A1 0F 22 06 A1 09 23 02 98 81 C6 00 13  .....".....#.....
0260 99 81 CF 00 15 A6 08 C7 00 17 04 02 FD C6 00 02  ................
0270 A4 03 97 DE 02 E7 A6 05 4A 26 FD 5D 5A 26 F7 04  ........J&.]Z&..
      0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  A  B  C  D  E  F
0280 02 E8 6D 00 6D 00 AD 46 05 02 00 6D 00 36 16 3A  ..m.m..F...m.6.:
0290 17 26 F3 AD 39 C6 00 16 CE 00 15 B1 C7 00 16 C7  .&..9...........
02A0 00 14 CF 00 15 A6 09 C7 00 17 5F 98 20 02 36 16  ..........._. .6.
02B0 24 04 16 02 20 04 17 02 20 00 DD 02 CE 3A 17 26  $... ... .....:.&
02C0 ED 14 02 16 02 AD 07 CE 00 15 C6 00 14 B1 C6 00  ................
02D0 02 A4 03 97 DE 02 E7 A6 F8 AB 0A 4A 26 FD 5D 14  ...........J&.].
02E0 02 5A 26 F5 A6 00 B1 20 08 02 01 A6 08 C7 00 02  .Z&.... ........
02F0 C7 00 06 5F D6 03 02 A1 04 27 06 CD 02 9C 5C 20  ..._.....'....ç
      0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  A  B  C  D  E  F
0300 F3 83 0D 0A 4D 49 4E 49 20 53 59 53 54 45 4D 45  ....MINI SYSTEME
0310 20 41 20 36 38 37 30 35 20 2D 20 4D 4F 4E 49 54   A 68705 - MONIT
0320 45 55 52 20 56 31 2E 30 04 00 00 00 00 00 00 00  EUR V1.0........
>

ROM VIERGE DE 329 A 7F7

      0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  A  B  C  D  E  F
07F0 00 00 00 00 00 00 00 00 02 EB 02 EB 01 16 02 EB  ................
>
```

reprendre l'exécution d'un programme à partir d'un point d'arrêt. Les points d'arrêt ne peuvent être mis en place dans votre programme directement par le moniteur, mais vous pouvez très bien faire cela vous-même en remplaçant les instructions sur lesquelles vous voulez vous arrêter par des SWI. Attention : compte tenu de la simplicité de ce moniteur, il n'est pas possible de mettre de tels points d'arrêt dans des sous-programmes, car ils fonctionneraient correctement mais, lors de l'exécution de la commande C, les registres internes du 68705 seraient rechargés avec n'importe quoi.

— La commande S :

Elle permet de visualiser d'un seul coup l'état de tous les registres périphériques en faisant afficher leur contenu dans l'ordre suivant : A B C TDR TCR où A, B et C sont les contenus respectifs des registres de données des ports A, B et C et où TDR et TCR sont respectivement le registre de données et le registre de contrôle du timer. Muni de toutes ces commandes, vous pouvez donc expérimenter à loisir avec votre 68705 dont les ports A et B sont disponibles. Il n'est, bien sûr, pas possible d'essayer de longs programmes car la seule RAM qui vous est accessible est celle comprise entre les adresses 48 et 7A (le moniteur utilise les RAM en-dessous de 48 et la pile au-dessus de 7A). Si vous écrivez de nombreux sous-programmes, ce montage permet tout de même d'essayer ceux-ci sans difficulté et il nous a déjà été bien rendu service dans la mise en œuvre de nombreuses applications à base de 68705.

Pour en savoir plus

Compte tenu de la longueur du listing source du moniteur contenu dans le 68705 de cette réalisation (une dizaine de pages format A4), il ne nous est pas possible de le publier dans ces pages, aussi nous limitons-nous à vous donner en figure 5 le contenu hexadécimal du 68705 permettant ainsi à ceux d'entre vous qui souhaitent le programmer d'y parvenir (en utilisant le programmateur de notre n° 2 par exemple). Si vous voulez le listing complet de ce moniteur, faites parvenir une enveloppe autocollante à votre adresse, format 16 × 22 cm, affranchie à 10,70 francs et accompagnée de 10 timbres neufs et non-oblitérés à 2,10 francs à M. Tavernier, *Micro et Robots*, 2 à 12 rue de Bellevue 75019 Paris, en précisant «listing moniteur». Si vous résidez à l'étranger, l'affranchissement et les timbres à 2,10 F seront remplacés par 12 coupons-réponses internationaux. Le listing fourni de la sorte étant gratuit (les timbres couvrent juste les frais de photocopie et de manutention) toutes les demandes non-conformes seront rejetées.

Pour ceux d'entre vous qui ne veulent pas descendre au niveau de l'octet mais qui souhaitent avoir une vue d'ensemble du fonctionnement de ce moniteur, la figure 6 présente un organigramme simplifié. Son analyse est facile à faire car le moniteur est en permanence en attente de commande et passe en exécution lorsqu'une commande valide est décodée. Remarquez, dans la commande M, le «sous-organigramme» qui décode les diverses options de frappe possibles.

Conclusion

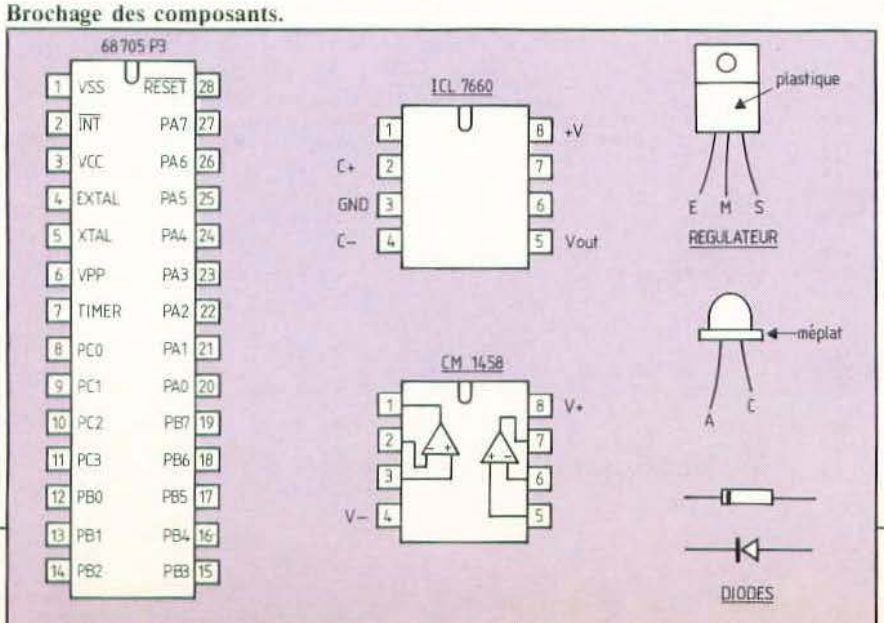
Nous souhaitons, avec ce montage, avoir donné satisfaction à ceux d'entre vous qui voulaient pratiquer un peu le 68705. Son prix de revient, très modique, et sa grande facilité de réalisation sont parmi ses principaux atouts. Bien sûr, il faut disposer d'un terminal pour l'exploiter, mais c'est peut-être déjà chose faite si vous avez lu nos deux derniers numéros ! ■

C. Tavernier

Nota :

Adresse de Facim (fourniture du 68705 programmé) : FACIM, 19, rue de Hegenheim, 68300 Saint-Louis.

Brochage des composants.



Semi-conducteurs	
IC1	μA7805, MC7805, LM340TS, régulateur 5V 1A boîtier TO220
IC2	ICL 7660 Intersil
IC3	MC68705P3 (voir texte)
IC4	LM 1458 ou MC 1458
4×DR	1N4001 à 1N4007
D_1, D_2,	
D_3	1N914 ou 1N4148
LED	N'importe quel type
Résistances, condensateurs	
9	Résistances 1/2 ou 1/4 W, 5 ou 10% : 1 × 330 Ω, 3 × 1,8 kΩ, 1 × 2,2 kΩ, 3 × 4,7 kΩ, 1 × 10 kΩ
2	Condensateurs polyester ou mylar : 1 × 0,47 μF, 1 × 0,33 μF
3	Condensateurs céramique : 2 × 22 pF, 1 × 22 nF
4	Condensateurs chimiques : 2 × 10 μF/15 V, 1 × 22 μF/15 V, 1 × 470 μF/25 V
Divers	
1	Transformateur; primaire 220 V; secondaire 9 V 10 VA
1	Quartz 3,579 MHz
2	Supports 8 pattes
1	Support 28 pattes
2	Mini-interrupteurs en boîtier DIL
1	Poussoir contact en appuyant

Nomenclature des composants.

HERO JR!

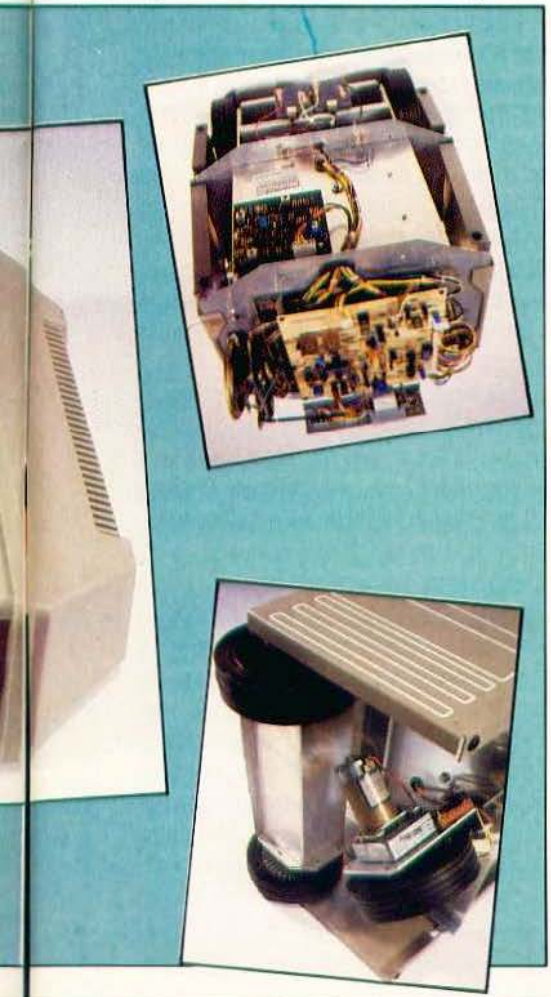
Chez Zenith on est Hero de père en fils mais l'on revendique déjà quelque cousinage avec l'homme.

La famille des Hero vient de s'augmenter d'un JR fraîchement arrivé en France : même chez les robots l'atavisme existe et ce junior ressemble à son illustre prédécesseur, Hero 1, qui eut droit d'asile en nos colonnes il y a un an et quelques mois maintenant. Mais du 1 au JR la similitude n'est qu'apparente et le dernier-né se retrouve sans bras et sans tête rotative ce qui ne constitue pas nécessairement un manque si l'on replace cette absence dans une évolution voulue par le constructeur. Evolution logique somme toute qui, d'une part, s'acccompagne d'une baisse des coûts, qui, d'autre part, tend à faire pénétrer le robot dans un environnement familier, à portée de main d'un plus large public que celui initialement sollicité par Hero 1. On se souvient en effet que ce spécimen nécessitait de celui qui voulait en disposer totalement quelques connaissances en programmation, voire en électronique.

De Hero 1, outil à vocation pédagogique — quoique certaines applications industrielles ou de laboratoire ont pu lui être trouvées, du fait même de sa mobilité et de son autonomie — à Hero JR, instrument à vocation domestique et ludique, il s'est finalement écoulé à peine plus d'un an, période il est vrai marquée par de nombreux événements plus ou moins fastes pour cette robotique domestique, naissante et fragile, dont une petite industrie, américaine essentiellement, a fait les frais. Les raisons de cet échec de la première vague de la robotique domestique sont multiples et à rechercher sans doute et avant tout dans la désillusion vécue par un public imprégné depuis des années par ces robots produits de l'imaginaire et confronté d'un seul coup à des robots enfin accessibles — au coût près — mais vides de sens, fonctionnellement pauvres et à l'intelligence nulle. Un micro-ordinateur, même doté d'une mauvaise voix synthétique, monté sur des roulettes ne suffit pas à faire un robot. Il semble qu'actuellement cette conception "gadget de luxe" soit en passe de disparaître de l'esprit des industriels concernés par une robotique "grand public", au profit de deux axes qui nous semblent les seuls viables : l'un que formerait une "micro-robotique" de loisir et d'éducation et qui irait des petits engins mobiles à des manipulateurs n'excèdant pas le prix d'un périphérique actuel (imprimantes, lecteurs de disquettes, etc.), l'autre que constituerait une véritable robotique domestique de service dont le

prix ne serait finalement lié qu'aux services rendus, aisément chiffrables et comparables à ce que l'on sait déjà faire de façon classique, par hommes ou par machines et systèmes interposés : surveillance, nettoyage ou dépoussiérage, entretien d'un jardin, aide aux personnes âgées ou handicapées semblent pour l'instant quelques uns des domaines où peuvent se concrétiser, industriellement parlant, quelque espoir réaliste.

En attendant que se matérialisent ces produits débarrassés d'une certaine ambiguité fonctionnelle — mais de plus en plus chargés d'une ambiguité autrement plus essentielle, celle qui sera indéfectiblement liée à l'émergence, à long terme, d'un comportement intelligent — il existera encore, et l'on en voit la preuve ici même, quelques objets de l'entre-deux-mondes ayant la tâche difficile de convaincre et de se trouver une place confortable sur un terrain pour l'instant très peu balisé.



L'objet du délire

Nous ne ferons qu'une description succincte de JR, n'en ayant pas encore les caractéristiques techniques qui auraient été nécessaires pour l'évaluer complétement. Sa "tête" comporte une sorte de logement dans lequel on pourra disposer un ou plusieurs objets à transporter mais il est aussi possible, pour les plus créatifs, de tirer parti de cette case vide en y montant, par exemple, un bras manipulateur à trois ou quatre (ou plus) degrés de liberté. A côté de ce logement, l'on trouve un clavier permettant de rentrer en mémoire quelques données simples (date, heure, etc.) ou d'appeler des fonctions préprogrammées.

Notez dès à présent qu'en cette partie capitale a aussi été disposée une petite ouverture où viendront s'enficher des cartouches de programmes mis en ROM (jeux, chants, poèmes, etc).

Toujours dans cette partie haute du robot, le constructeur a placé différents détecteurs : de lumière (codage sur 256 niveaux), de sons et, en option, d'infrarouges (détection, par le robot, de corps émettant de la chaleur comme le corps humain, justement). Par ailleurs, un senseur à ultra-sons lui assure une fonction de détection de mouvement qui, couplée au détecteur d'infrarouges, lui fera jouer le rôle de gardien : il faudra alors que la personne détectée puisse "livrer" son mot de passe en claquant une ou plusieurs fois dans ses mains selon ce qui a été programmé. Sinon le robot transmettra par radio une information d'alarme à un récepteur adéquat branché sur un quelconque système d'alarme.

Reste enfin un haut-parleur, organe vocal de JR lui permettant de faire entendre sa voix de synthèse dont on peut régler le niveau et la hauteur. Il parle en Anglais et peut même chanter : difficile, cependant, de supporter très longtemps ses bavardages !

Quant à sa mobilité, elle est assurée par une roue motrice lui permettant aussi de se mouvoir dans n'importe quelle direction (motorisation de son axe vertical). A la différence de Hero 1, ses concepteurs ont placé le disque de codage optique (nécessaire à l'asservissement) sur l'une des deux roues libres, ce qui élimine une bonne part des erreurs de position dues au dérapage ou au patinage de la roue motrice.

A l'intérieur, toute l'électronique a été rassemblée dans la partie supérieure du robot : ainsi un volume libre important reste disponible dans la partie centrale, permettant la mise en place de batteries de grande capacité ou de circuits électroniques supplémentaires que l'on aurait l'intention d'ajouter pour ses propres applications ou expérimentations. Signalons qu'un petit boîtier livré avec Héro JR permet d'en assurer la radio-commande et qu'une prise offre la possibilité aux plus mordus de coupler ce robot à un ordinateur extérieur.

In fine

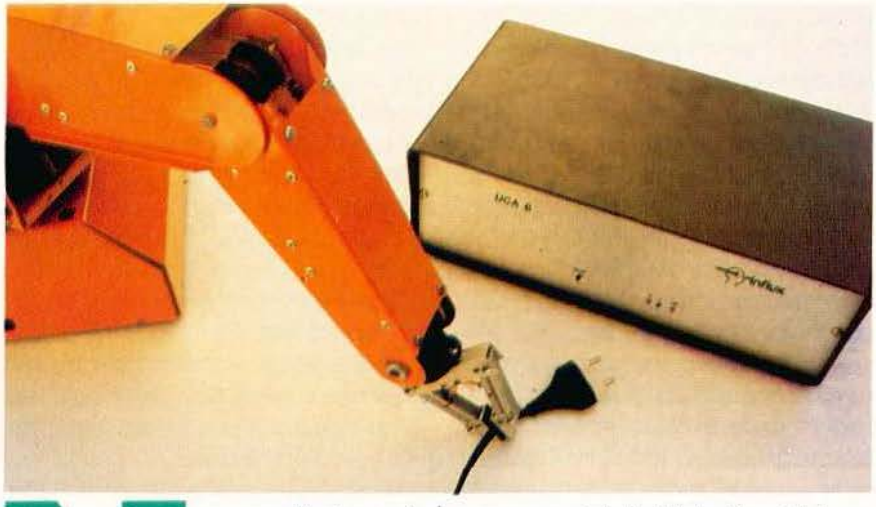
La conception même de Hero JR le destine principalement à un marché d'utilisateurs peu familiers de la programmation et qui veulent disposer avant tout d'un petit robot très distractif, au comportement plutôt sympathique et versatile car il est en effet possible de modifier très facilement la "personnalité" de cette machine en affectant une note particulière à chacun de ses "traits" caractéristiques : on a ainsi le loisir de le rendre plus ou moins vagabond, plus ou moins bavard, plus ou moins poète, etc., l'ensemble de ces composantes formant un robot plus ou moins sociable, plus ou moins agité mais toujours prêt à vous réveiller le matin, à vous chanter, le jour venu, un retentissant "happy birthday", à guetter l'intrus. Une présence qui a son prix : 15.000 francs environ... *Service lecteur : cerclez 3* ■

J.-C. Hanus

TEST

UCA 6
ROBOT SOUS INFLUENCE

Avec UCA-6, Influx résout le problème toujours délicat de l'interface micro-ordinateur/robot.



Nous vous l'avions présenté rapidement dans notre compte rendu du Sicob 1984 (voir *Micro et Robots* n° 11) et nous sommes heureux d'être à même aujourd'hui de vous en proposer le banc d'essais. De quoi s'agit-il ? Du coffret UCA 6 conçu et réalisé par la société Influx implantée dans la banlieue grenobloise. Ce coffret est destiné à servir d'interface «intelligente» entre n'importe quel micro-ordinateur grand public ou professionnel et un bras robot tel que le modèle Multisoft visible sur nos photos. Ce coffret intègre en effet un microprocesseur et du logiciel adéquat lui permettant de comprendre un certain nombre de macro-commandes envoyées par le micro-ordinateur auquel il est associé. Ces macro-commandes sont une suite de caractères ASCII et de paramètres numériques et peuvent donc être manipulées par n'importe quel langage de programmation tel que Basic, Pascal, Logo mais aussi, bien sûr, le langage machine. Le logiciel intégré dans le coffret UCA 6 décharge le programmeur de toute la partie fastidieuse de la commande des moteurs pas à pas du bras puisque certaines des macro-commandes disponibles permettent d'effectuer un mouvement complet en spécifiant seulement coordonnées de départ et coordonnées d'arrivée.

Présentation

Le coffret UCA 6 est un parallélépipède rectangle aux dimensions modestes (320 × 175 × 110 mm). Les faces avant et arrière sont en aluminium satiné d'un très bel aspect et les inscriptions sont sérigraphiées. Le corps du coffret est métallique et est revêtu d'une peinture marron cuite au four.

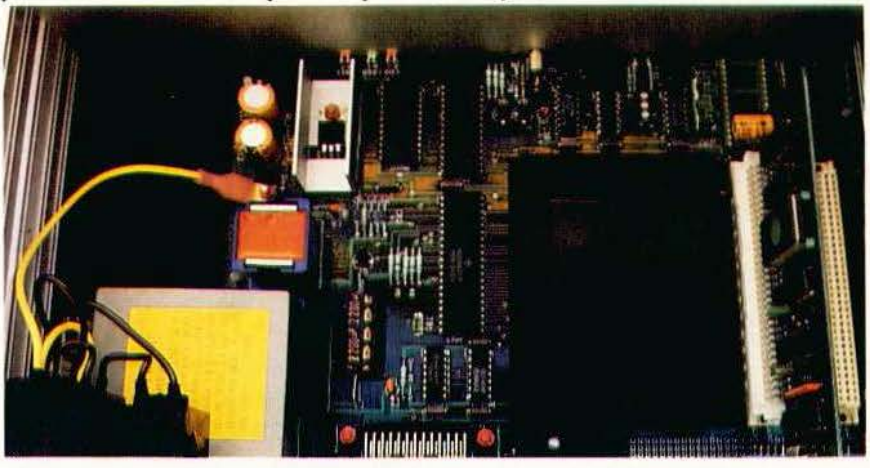
La face avant est assez dépouillée puisque, outre trois LED, on n'y trouve qu'un minuscule poussoir de Reset. La face arrière, quant à elle, supporte les diverses prises de raccordement ainsi qu'un interrupteur marche/arrêt intégré au socle de branchement du cordon secteur.

Les prises disponibles sont au nombre de 2 ou 3 selon les options choisies. Une prise Canon normalisée à 25 points permet la connexion avec le micro-ordinateur, une prise pour câble plat à 10 points et détrompée de surcroît, permet de connecter le bras tandis qu'un connecteur, toujours pour câble plat mais à 26 points cette fois, permet de disposer d'un certain nombre de lignes d'entrées/sorties parallèles programmables à partir du micro-ordinateur auquel est relié le coffret. Ces

entrées/sorties sont proposées en option et ne font donc pas partie du coffret.
La version de coffret que nous avons utilisée était configurée pour un bras Multisoft dont nous avons publié le banc d'essais dans le numéro 2 de *Micro et Robots* mais l'UCA 6 peut piloter la majorité des bras disponibles sur le marché actuellement (Mini Mover et Cyber 310 entre autres). Le passage d'un bras à l'autre se fait par changement d'une carte enfichable contenue dans le boîtier.

Mise en service, documentation

Compte tenu du fait que l'UCA 6 peut être connecté à la majorité des micro-ordinateurs du marché, il faut commencer par quelques travaux de câblage avant de le mettre en service. En effet si le câble secteur et le câble plat de liaison avec le bras sont fournis en standard, il vous faut réaliser le câble de liaison avec votre micro-ordinateur. En option, le constructeur fournit les câbles pour TO-7, MO-5, Alice, Apple II et HX20.
Ce raccordement est facilité par le fait que l'UCA 6 peut utiliser une liaison parallèle 8 bits (appelée aussi interface «Centronics») ou une liaison série RS 232.
Pour ce qui est de la liaison parallèle 8 bits, elle a été restreinte aux seules lignes classiques : les 8 lignes de données, le signal Strobe et le signal Acknowledge. Elle est donc compatible avec toutes les interfaces de ce type puisque réduite au nombre minimum de signaux utiles.
L'interface série RS 232, quant à elle, n'utilise que Tx, Rx et RTS ce qui la rend également compatible avec la majorité des micro-ordinateurs disposant de ce type de connexion. La vitesse de transmission peut être choisie parmi les quatre valeurs : 300, 600, 1200 ou 2400 Bauds. Le changement de vitesse ne nécessite pas d'ouvrir le boîtier puisque le choix se fait au moyen de straps placés dans la prise Canon à 25 points, ce qui est très pratique surtout pour les personnes utilisant ce coffret avec divers micro-ordinateurs; en effet comme c'est la prise (et donc le câble associé à chaque micro-ordinateur) qui fait la sélection de vitesse, on est sûr que le coffret est toujours bien configuré.
Contrairement à une habitude hélas fort répandue, la documentation fournie avec l'UCA 6 donne le brochage des prises de connexion avec tous les détails utiles (noms des signaux et numéros des broches) et indique même quelques exemples de câbles pour les micro-ordinateurs les plus répandus (Apple, Thomson TO 7, Alice, Epson HX 20).
Le brochage et le mode de connexion des lignes d'entrées/sorties optionnelles est également indiqué sans ambiguïté. On dispose en fait de 8 entrées compatibles TTL LS, de 8 sorties compatibles TTL LS, de deux sorties 5 volts/1 ampère et de deux sorties générateur de courant (20 mA) pour alimenter des LED par exemple.



L'intérieur du coffret : un logiciel au secret dans un gros bloc de résine.

La mise en œuvre matérielle de l'UCA 6 ne présente donc aucune difficulté et peut être menée à bien en quelques minutes.

Le logiciel

L'intérêt essentiel d'un coffret de ce type est de permettre de programmer simplement des fonctions ou des mouvements du bras en utilisant des commandes à la syntaxe relativement simple. L'UCA 6 ne diffère pas en cela des réalisations que nous avons pu déjà voir en ce domaine telle que l'électronique du bras Hikawa HX 3000 (voir *Micro et Robots* n° 6) par exemple.
Le «langage» utilisé ici s'appelle le RL 1 et se présente, pour chaque commande élémentaire, sous forme de deux caractères formant le mnémonique de la commande et rappelant sa fonction, caractères qui sont suivis par un certain nombre de paramètres numériques.
La syntaxe est très simple puisqu'il suffit de laisser un espace entre le mnémonique d'une commande et la première donnée qui suit, de même qu'entre deux données consécutives. Les commandes sont séparées les unes des autres par un retour chariot ou par un ensemble saut ligne - retour chariot. En cas d'erreur de syntaxe dans une commande, le coffret ignore la ligne correspondante, signale l'erreur par l'allumage de la LED d'erreur rouge de la face avant et passe à l'ordre suivant.
Compte tenu du mode de connexion de l'UCA 6 sur un micro-ordinateur, l'envoi des commandes au coffret se fait très simplement quel que soit le langage de programmation en faisant «sortir» sur l'interface série ou parallèle la suite de caractères adéquats. En Basic, par exemple, un LPRINT ou sa forme équivalente pour le port de sortie où se trouve connecté l'UCA 6 est suffisant. La Led verte de la face avant indique que le coffret est prêt à recevoir des données ou que le buffer interne est plein quand elle est éteinte.
Le logiciel dispose d'un certain nombre de commandes de base assez classiques et de commandes optionnelles beaucoup plus intéressantes puisque permettant le fonc-

tionnement en coordonnées cartésiennes. Les commandes de base permettent l'initialisation des paramètres généraux du robot (vitesse et accélération) et aussi la pose de butées logicielles axe par axe. Ces butées sont indépendantes des butées mécaniques du bras et sont gérées par le coffret qui s'assure qu'elles ne sont pas franchies lors d'un mouvement. Si un mouvement conduit à dépasser celles-ci, l'UCA 6 bloque le bras pendant toute la durée du dépassement mais ne perd pas de pas (sauf si les vitesses d'arrêt et de redémarrage sont trop importantes).

Il est possible également de faire un recalage des axes et de modifier la définition de l'échelle des temps afin, lors des phases de mise au point, de pouvoir effectuer un mouvement au ralenti et d'en vérifier le bon déroulement.

Les commandes de mouvements sont particulièrement riches; en effet, il est possible de commander un mouvement en vitesse pendant un temps déterminé avec programmation de la vitesse de chaque axe. Il est également possible de commander un mouvement en définissant les positions finales de chaque axe en imposant une durée au mouvement et, enfin, il est possible de commander un mouvement en définissant aussi les positions finales de chaque axe mais en laissant au coffret UCA 6 le choix de la meilleure façon pour y parvenir. Dans ce dernier cas, le coffret exécute le mouvement de durée minimum possible compte tenu des positions spécifiées; de ce fait la trajectoire entre les points de départ et d'arrivée du bras est indéterminée pour l'utilisateur.

Un mode transparent existe également et permet d'envoyer directement des commandes aux moteurs pas à pas du bras, le coffret UCA 6 n'intervenant pas sur celles-ci.

Toutes ces commandes fonctionnent en coordonnées articulatoires, c'est-à-dire que l'on spécifie des nombres de pas en avant ou en arrière pour chaque axe. Il est également possible d'obtenir en option un transformateur de coordonnées qui permet alors de programmer les mouvements en utilisant des coordonnées cartésiennes. Muni de ce logiciel optionnel, le coffret devient vraiment agréable à programmer puisqu'il suffit d'utiliser le ou les ordres de mouvement vus précédemment en précisant simplement les coordonnées du point à atteindre pour que l'UCA 6 fasse le reste. Si vous comptez acquérir ce coffret, nous vous conseillons fortement cette option, très utile pour du travail sérieux. Si les lignes d'entrées/sorties parallèles sont installées, des commandes d'écriture sur les sorties et de lecture des entrées sont également disponibles. Signalons l'utilisation des sorties bit par bit grâce à la commande SE qui permet de mettre à 1 n'importe quel bit en spécifiant simplement son numéro. Cela évite d'avoir à utiliser des masques dans le programme de commande pour n'agir que sur le ou les bits de son choix.

Toutes ces commandes sont correctement détaillées dans la notice fournie avec l'UCA 6 et quelques exemples simples (mouvement circulaire par exemple) sont fournis sous forme de listings de programmes Basic. Le listing du programme de démonstration que certains d'entre vous ont peut-être vu lors de salons spécialisés, programme qui fait déplacer une pyramide de cubes, peut être obtenu auprès de la société Influx et devrait même être fourni avec les notices des coffrets UCA 6 futurs. C'est un bon exemple d'utilisation du coffret qui montre déjà ce que l'on peut faire avec une soixantaine d'instructions Basic. Signalons aussi qu'un «cours» détaillé de programmation de mouvements est en préparation chez Influx et devrait sortir dans deux ou trois mois. Ce cours en français abordera tous les problèmes de programmation des mouvements des bras robots depuis le principe de commande des moteurs pas à pas jusqu'à l'élaboration de mouvements complexes.

L'intérieur du coffret laisse voir un magnifique circuit imprimé double face à trous métallisés avec vernis épargne et sérigraphie sur lequel prennent place tous les composants, prises de la face arrière et LED et poussoir de la face avant compris. Une carte enfichable est montée verticalement sur ce circuit en fonction du type de bras que devra commander le coffret. L'électronique fait appel à un microprocesseur 6809 et à 8 K mots de 8 bits de logiciel tout au moins d'après la notice car, dans un souci de protection de ce dernier bien légitime, cette partie du montage est noyée dans un gros pavé de résine.

Des circuits périphériques classiques de la famille 6800 sont utilisés : un PIA 6821 pour les lignes d'entrées/sorties, un ACIA 6850 pour la liaison série et un triple timer programmable 6840.

La réalisation est très propre; la majorité des circuits intégrés sont soudés, les condensateurs de découplage utilisés sont des modèles professionnels et les résistances sont de type couches métalliques. La longévité du montage devrait donc être très importante.

Si certains bras, assez rares sur le marché il faut le reconnaître, disposent d'origine d'une carte électronique d'interprétation de macro-commandes, ce n'est pas le cas des plus répandus d'entre eux dont le modèle Multisoft est un bon exemple. Le coffret UCA 6 vient donc combler un vide et c'est déjà très bien. Les possibilités logicielles offertes se situent à un très bon niveau surtout si l'on fait l'effort d'acquérir l'option coordonnées cartésiennes grâce à laquelle l'ensemble prend une autre dimension. Les lignes d'entrées/sorties parallèles, même si elles sont techniquement très simples à mettre en œuvre, constituent un atout supplémentaire à mettre à l'actif de l'UCA 6 car elles sont quasiment indispensables lors de toute application robotique sérieuse pour commander des organes connexes au bras ou pour lire la position de capteurs divers.

La réalisation exemplaire ne souffre aucun reproche et la documentation, quoiqu'un peu maigre, est néanmoins suffisante et complète pour permettre une utilisation du produit sans difficulté. Dernier point, un peu chauvin peut-être : l'UCA 6 est conçu et réalisé en France. Influx fait, avec l'UCA 6, une entrée réussie dans le monde de la robotique «grand public»; souhaitons que cette dynamique société continue dans cette voie.

C. Tavernier

Coffret de base avec interface pour le bras Multisoft et le changeur de coordonnées : 5700 F HT. Option RS 232 : 350 F HT. Option 8E/S : 1150 F HT.

Service lecteur : cerclez 1

CLEARWAY

Un contrôleur économique de réseau local.

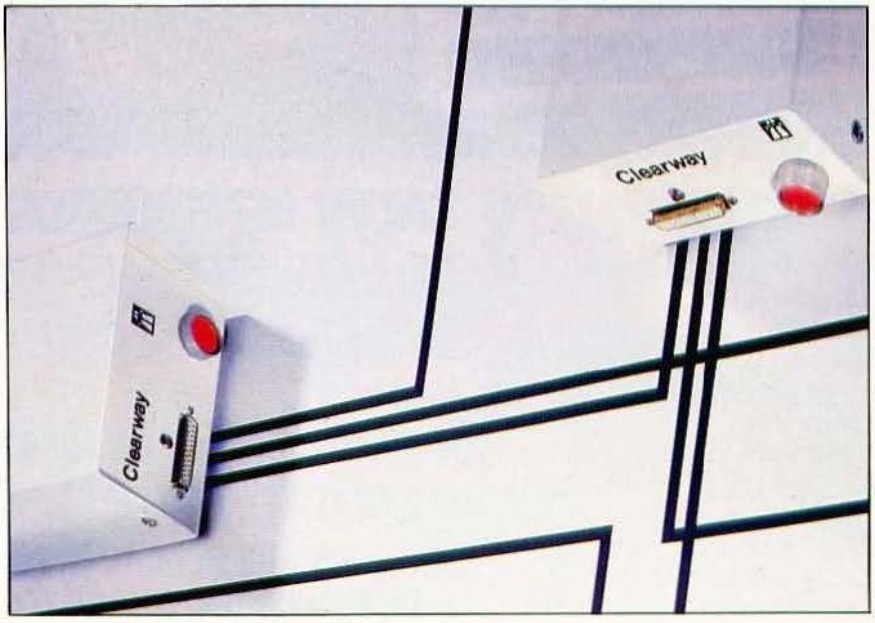
Depuis déjà quelque temps l'on parle beaucoup de réseaux locaux dans le monde de la micro-informatique mais, parfois, sans bien savoir de quoi il s'agit et, surtout, sans en voir de concrétisation.

Grosso modo, un réseau local est une boucle de câble, de taille variable (quelques mètres à plusieurs centaines de mètres) sur laquelle sont connectées un certain nombre de ressources informatiques. Ces ressources peuvent être des micro-ordinateurs, bien sûr, mais aussi des imprimantes, des disques, et plus généralement n'importe quel périphérique peuvent disposer d'un minimum de fonctions "intelligentes". Au sein d'un tel ensemble, n'importe quel équipement peut se connecter à n'importe quel autre ce qui implique qu'il y ait "quelque part" un gestionnaire de réseau afin de régler les problèmes liés aux demandes d'accès multiple à un même équipement (deux micros qui demandent la même imprimante par exemple).

D'autre part, un tel réseau, dès qu'il atteint une longueur de quelques mètres, ne peut être réalisé avec des signaux logiques classiques et une interface "électrique" est donc à prévoir entre chaque équipement et le câble proprement dit.

Le boîtier Clearway est un coupleur pour réseau local qui réalise à la fois l'interface "électrique" évoquée précédemment et la gestion logique du réseau afin d'éviter les conflits d'accès. Clearway se connecte sur n'importe quel équipement informatique disposant d'une liaison série aux normes RS232 et ne nécessite l'adjonction d'aucun élément externe. En d'autres termes, pour constituer un réseau local avec ce boîtier, il suffit d'un Clearway par équipement à connecter au réseau et du câble nécessaire (du coaxial généralement) pour matérialiser les liaisons.

La gestion d'un tel réseau est alors réalisée par les différents boîtiers qui constituent ce qu'on appelle les "nœuds" du réseau et ce, de façon tout à fait transparente pour l'utilisateur.



Côté RS232, les Clearway sont programmables en vitesse, format, parité et signaux utilisés pour être compatibles avec toutes les liaisons RS232 existantes.

Du fait de la transparence évoquée précédemment et grâce à une notice très complète de 66 pages (dans sa version en langue anglaise mais une version en français est en préparation) la mise en œuvre de ce produit ne pose aucun problème si ce n'est "les classiques" liés aux signaux de contrôle des liaisons RS232.

Un certain nombre d'ordres relatifs à la configuration du réseau, au maintien de manière permanente de certaines liaisons, etc... peuvent être donnés grâce à des séquences de caractères particulières aux boîtiers Clearway.

Sur un unique circuit imprimé de très belle qualité peuvent prendre place tous les composants dont un Z80, un circuit d'interface parallèle et un circuit d'interface série (de la famille Z80 également).

La connexion à l'équipement informatique a lieu via une classique prise Canon à 25 points (normalisée pour les liaisons série RS232) tandis que la connexion au réseau se fait par un jack de 6,35 mm. Le constructeur, par ailleurs, a eu la bonne idée de placer en face arrière le cordon avec un jack mâle mais aussi un jack femelle ce qui permet, pour les réseaux de petite taille, de connecter directement les Clearway les uns aux autres sans même avoir à matérialiser la boucle de câble du réseau.

Le principal mérite de Clearway est d'exister et de permettre ainsi de mettre sur pied en quelques minutes un réseau local chose qui, autrement, peut s'avérer très complexe. Indépendamment de cela, des possibilités offertes et le sérieux de la réalisation n'appellent aucune critique et font de Clearway un bon produit.

Service lecteur : cerclez 2

C. Bugeat

Directeur de la publication : A. LAMER. N° commission paritaire : 65637. Imprimerie : S.N.I.L. Aulnay-sous-Bois.

LA DIFFUSION SONORE

L'ENREGISTREMENT

L'EQUIPEMENT

LA SCENE

LA LUMIERE

SIEL 85

SALON INTERNATIONAL DE L'EQUIPEMENT DES DISCOTHEQUES DES LIEUX DE LOISIRS ET DE SPECTACLES

c'est :

- **15000 MÈTRES CARRÉS D'EXPOSITION ■ 200 EXPOSANTS**
- **20000 VISITEURS ATTENDUS**
- **4 JOURS DE RENCONTRES, D'INFORMATIONS, DE DIALOGUES, DE SPECTACLES ET D'AFFAIRES.**

Vous faites partie d'une des 20 catégories professionnelles ci-dessous, vous pouvez bénéficier ***GRATUITEMENT*** *d'une* ***CARTE D'ENTRÉE PERMANENTE*** *Pour obtenir cette carte, remplissez le questionnaire et renvoyez-le à :*

S.I.E.L. / BERNARD BECKER PROMOTION
161, boulevard Lefebvre - 75015 PARIS - FRANCE
Tél. : (1) 533.74.50 Télex : 220064 F. ETRAV EXT 3012

NOM..... PRÉNOM..... TÉLÉPHONE.....

SOCIÉTÉ..... FONCTION.....

ADRESSE PROFESSIONNELLE N°..... RUE.....

CODE POSTAL..... VILLE..... PAYS.....

Cochez votre activité

☐ Architectes	☐ Forains	☐ Organisateurs de spectacles	☐ Salles de spectacles
☐ Cinémas	☐ Hôtels avec salle de spectacle	☐ Palais des Congrès	☐ Salles polyvalentes
☐ Décorateurs	☐ Ingénieurs du Son	☐ Responsables de collectivités locales (mairies)	☐ Sonorisateurs
☐ Discomobiles	☐ Installateurs de matériel	☐ Responsables radios et télévisions	☐ Studios d'enregistrement
☐ Discothèques	☐ Maisons des Jeunes	☐ Revendeurs	☐ Théâtres

création michel apelbaum

Professionnels du spectacle, si vous êtes concernés par :

LA PRODUCTION

L'ANIMATION

LA VIDEO

LA RADIO

LE SON

LA DECORATION

venez au

c'est votre salon

DU 23 AU 26 MARS 1985

PARC DES EXPOSITIONS

PARIS / PORTE DE VERSAILLES

HALL 2 / DE 11H à 19H

GAGNEZ 10 20 30 FOIS VOTRE MISE*

★ Au 15 juillet 1983, nous avons constaté un gain de plus de 450 fois la valeur du Haut-Parleur, entre le prix officiel et la promotion d'un de nos annonceurs

— A coup sûr, vous récupérez largement votre mise (17 F la valeur du Haut-Parleur) pour tout achat auprès d'un de nos annonceurs.

— Nos annonceurs, pour la majorité d'entre eux, ont une grande habitude du « Lecteur Haut-Parleur » et savent lui proposer du matériel de qualité et toujours aux meilleurs prix.

— Une chaîne Hifi, un wattmètre, une centrale d'alarme, un micro-ordinateur, une antenne, un téléphone sans fil, un autoradio, une table de mixage, un scanner, un kit, un rack, un compact disc, un walker, des cassettes, etc. Non, ce n'est pas un poème de Prévert, inédit, mais quelques appareils à usage quotidien qui vous sont proposés chaque mois aux meilleurs prix dans le **Haut-Parleur.**

— Lire le **Haut-Parleur,** c'est gagner du temps et de l'argent.

LE HAUT-PARLEUR